

BRANDSCHUTZ - FORSCHUNG

DER BUNDESLÄNDER

BERICHTE

Folgeschäden von Löschpulvern an Maschinen und sonstigen empfindlichen Gegenständen durch Korrosion.

25

ARBEITSGEMEINSCHAFT DER INNENMINISTERIEN DER BUNDESLÄNDER
ARBEITSKREIS V – UNTERAUSSCHUSS "FEUERWEHRANGELEGENHEITEN"

Arbeitsgemeinschaft der Innenministerien der Bundesländer
Arbeitskreis V - Unterausschuß "Feuerwehrangelegenheiten"

Forschungsbericht Nr. 25

"Folgeschäden von Löschpulvern an Maschinen und
sonstigen empfindlichen Gegenständen durch Korrosion"

von

Dipl.-Ing. Wolfgang Hoffmann

Forschungsstelle für Brandschutztechnik
an der Universität Karlsruhe (TH)

Karlsruhe

August 1972

FA. Nr. 50 (5/69)

-zweite Auflage, Juni 1981-

ARBEITSGEMEINSCHAFT FEUERSCHUTZ

AGF

Forschungsbericht Nr. 25

Folgeschäden von Löschpulvern an Maschinen und sonstigen empfindlichen Gegenständen durch Korrosion

Dipl.-Ing. W. Hoffmann

Forschungsstelle für Brandschutztechnik
an der Universität Karlsruhe (TH)

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde untersucht, welche Korrosionswirkungen ABC, BCE- und Metallbrandpulver an Metallen, Metallegierungen und Anstrichen auf Metallteilen unter verschiedenen Angriffsbedingungen hervorrufen. Aus den im Maschinenbau verwendeten Materialien wurden folgende sieben Probe­stücke ausgewählt: Unlegierter Kohlenstoffstahl St 37, Edelstahl X5CrNi 139, B-Kupfer, Messing Ms 58, Aluminium-Magnesium-Legierung AlMgSi0,5, verzinktes Blech St III 23 und eine mit Kunstharzlack versehene Stahlprobe St 37. Die Proben wurden in einem Langzeitversuch bei Raumbedingungen, einem Kurzzeitversuch bei 100 % relativer Luftfeuchtigkeit und einem Kurzzeitversuch mit kohlendioxidhaltiger Atmosphäre mit ebenfalls 100 % relativer Feuchte der korrodierenden Wirkung der drei Trockenlöschpulverarten ausgesetzt.

Beim Langzeitversuch wurde festgestellt, daß bei Raumbedingungen - 20 °C Raumtemperatur und ca. 50 % relativer Luftfeuchtigkeit - in den ersten 12 Wochen keine Korrosionserscheinungen an den hier untersuchten Metallproben auftreten. Unter den verschärften Angriffsbedingungen hoher Luftfeuchtigkeit werden alle Metalle außer Edelstahl stark korrodiert. Die Pulver nehmen bei diesen Bedingungen größere Feuchtegehalte an, wodurch bekanntlich die Korrosion beschleunigt wird. Das Metallbrandpulver und das ABC-Pulver zeigen die größte Korrosionswirkung. Alle drei Prüfungsarten ergaben, daß primär der Feuchtegehalt der Pulver die korrodierende Wirkung der hier eingesetzten Trockenlöschpulver bestimmt.

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1.	EINLEITUNG	1
2.	PROBLEMSTELLUNG	2
3.	PROBE- UND PRÜFUNGSARTEN	2
3.1.	Probearten	2
3.2.	Prüfungsarten	3
3.3.	Angreifende Mittel	4
4.	VERSUCHSAUFBAU UND VERSUCHSBEDINGUNGEN	4
4.1.	Langzeitversuch	4
4.2.	Kurzzeitversuch mit wasserdampfgesättigter Luft	4
4.3.	Kurzzeitversuch mit kohlendioxidhaltiger Atmosphäre	5
5.	VERSUCHSDURCHFÜHRUNG	5
6.	VERSUCHSERGEBNISSE	6
6.1.	Langzeitversuch	7
6.1.1.	Korrodiierende Wirkung des BCE-Pulvers	7
6.1.2.	Korrodiierende Wirkung des ABC-Pulvers	8
6.1.3.	Korrodiierende Wirkung des Metallbrandpulvers	9
6.1.4.	Vergleich der Korrosionswirkung der eingesetzten Trockenlöschpulver	10
6.2.	Kurzzeitversuch mit wasserdampfgesättigter Luft	11
6.2.1.	Korrodiierende Wirkung des BCE-Pulvers	12
6.2.2.	Korrodiierende Wirkung des ABC-Pulvers	14
6.2.3.	Korrodiierende Wirkung des Metallbrandpulvers	16

		Seite
6.2.4.	Vergleich der Korrosionswirkung der eingesetzten Trockenlöschpulver	18
6.3.	Kurzzeitversuch mit kohlendioxid- haltiger Atmosphäre	20
6.3.1.	Korrodiierende Wirkung des BCE-Pulvers	20
6.3.2.	Korrodiierende Wirkung des ABC-Pulvers	22
6.3.3.	Korrodiierende Wirkung des Metall- brandpulvers	24
6.3.4.	Vergleich der Korrosionswirkung der eingesetzten Trockenlöschpulver	26
6.4.	Vergleich der Ergebnisse des Lang- zeitversuches, des Kurzzeitversuches mit wasserdampfgesättigter Luft und des Kurzzeitversuches mit kohlen- dioxidhaltiger Atmosphäre	27
7.	ZUSAMMENFASSUNG	32
8.	LITERATURVERZEICHNIS	35
9.	BILDER	36

1. EINLEITUNG

Folgeschäden durch Korrosion werden oft kaum beachtet, da ihre Auswirkungen erst dann erkannt werden, wenn das ursprüngliche Brandereignis schon vergessen ist. Spätfolgeschäden können in manchen Fällen den Brandschaden übertreffen und stellen dann wirtschaftlich gesehen einen nicht unerheblichen Faktor dar. Obwohl die allgemeinen Anforderungen, die an chemische Feuerlöschmittel gestellt werden, u. a. besagen, daß die Löschmittel weder Korrosionserscheinungen an Metallteilen hervorrufen noch korrodierend wirkende Rückstände hinterlassen dürfen, häufen sich die Berichte von Korrosionsschäden, die durch Löschmittel verursacht wurden.

Nach DIN 50 900 [1] wird Korrosion definiert als die Zerstörung von Werkstoff durch chemische oder elektrochemische Reaktion mit seiner Umgebung. An anderer Stelle [2] wird das Wort "Korrosion" für alle Vorgänge benutzt, bei denen ein Metall vom elementaren in den gebundenen Zustand übergeht. Die wichtigsten Ursachen für Korrosionserscheinungen sind: Einwirkung des Sauerstoff- und Kohlendioxidgehaltes der Luft und der Luftfeuchte, Angriff verdünnter Säuren oder Säuredämpfe, verdünnter Laugen sowie Salzlösungen und elektrolytische Vorgänge [3]. In [1] sind die wichtigsten Korrosionserscheinungen zusammengestellt. Diese sind: Ebenmäßige Korrosion, bei der das Metall überall annähernd parallel zur Oberfläche abgetragen wird, Lochfraß, örtliche flache Anfressung, interkristalline und transkristalline Korrosion, selektive Korrosion, Schichtkorrosion. Man unterscheidet aber auch noch Korrosion unter Wasserstoffentwicklung, unter Sauerstoffverbrauch, durch Gase bei hohen Temperaturen und Korrosion unter gleichzeitiger mechanischer Beanspruchung.

2. PROBLEMSTELLUNG

Über die korrodierende Wirkung von Trockenlöschpulver ist wenig bekannt. Bei der Prüfung der Trockenlöschpulver durch die Amtliche Prüfstelle für Feuerlöschmittel und -geräte in Münster, wird darauf geachtet, daß die Pulver weder stark ätzende noch korrosionsfördernde Eigenschaften aufweisen noch solche bei der Anwendung im Feuer entwickeln [4]. Aufgrund ihrer Zusammensetzung können Trockenlöschpulver aber auch bei Anwesenheit von Feuchtigkeit und bei längerer Einwirkungszeit Korrosionserscheinungen hervorrufen. Im Rahmen des vorliegenden Forschungsvorhabens wird untersucht, welche Korrosionswirkung ABC-Pulver, BCE-Pulver und Metallbrandpulver an Metallen und Metallegierungen hervorrufen. Von Interesse ist es auch, ob Anstriche auf Metallteilen bei längerer Einwirkungszeit von den Pulvern angegriffen und zerstört werden.

3. PROBE- UND PRÜFUNGSARTEN

3.1. Probearten

Folgende Probestücke wurden aus den im Maschinenbau häufig verwendeten Metallen und Metallegierungen ausgewählt:

1. Stahl. Es handelt sich um einen unlegierten Kohlenstoffstahl mit der Bezeichnung St 37, der im Mittel 0,25 % Kohlenstoff, 0,1 % Phosphor und 0,063 % Schwefel enthält.
2. Edelstahl. Dieser hochlegierte nichtrostende Stahl X 5 Cr Ni 189 weist folgende Zusätze auf: 10 % Nickel, 18 % Chrom, 2 % Mangan, 1 % Silizium und 0,07 % Kohlenstoff.

3. Kupfer. Es handelt sich um E-Kupfer mit einem Mindestkupfergehalt von 99,9 %.
4. Messing. Die verwendete Legierung MS 58 hat folgende Zusammensetzung: 58 % Kupfer, 1-3 % Blei, der Rest ist Zink.
5. Aluminium-Magnesium-Legierung. Diese Aluminium-Knetlegierung mit der Bezeichnung Al Mg Si 0,5 enthält neben dem Aluminium 0,4-0,9 % Magnesium und 0,3-0,7 % Silizium.
6. Verzinktes Blech. Es handelt sich hier um ein Verzinkungsblech St III 23.
7. Lackierter Stahl. Die blanke, entfettete Probe, St 37, war zuerst mit einer Rostschutzfarbe versehen worden, auf die ein Kunstharzlack aufgetragen wurde.

Bei allen Proben handelte es sich um Flachmaterial. Bild 1 zeigt die Proben vor den Versuchen. Die Oberfläche der Probenstücke war glatt ohne Walzhaut und war mit Leichtbenzin entfettet worden.

3.2. Prüfungsarten

Die Proben wurden zuerst in einem Langzeitversuch bei Raumbedingungen der korrodierenden Wirkung der drei Pulverarten ausgesetzt. In einer zweiten Versuchsreihe, dem Kurzzeitversuch, wurde die Korrosion durch Erhöhung der relativen Luftfeuchtigkeit beschleunigt. Schließlich wurde in einem weiteren Kurzzeitversuch der Einfluß einer kohlendioxidhaltigen Atmosphäre auf die Korrosionswirkung der Trockenlöschpulver untersucht.

3.3. Angreifende Mittel

Als angreifende Mittel wurden drei handelsübliche Trockenlöschpulver verwendet. Bei dem ABC-Pulver handelte es sich um ein Pulver auf Monoammonphosphat-Basis. Das BCE-Pulver enthielt als Hauptbestandteil Natriumbicarbonat. Das Metallbrandpulver enthielt hauptsächlich Natriumchloridverbindungen.

4. VERSUCHSAUFBAU UND VERSUCHSBEDINGUNGEN

4.1. Langzeitversuch

Die Proben wurden in mit Trockenlöschpulver gefüllte Bechergläser gesteckt und bei Raumbedingungen über einen längeren Zeitraum gelagert. Die Raumtemperatur und die relative Luftfeuchtigkeit wurden regelmäßig registriert. Jede Woche wurde die Feuchte der Pulver mit dem Siemens-Feuchtemesser bestimmt. Dieses Gerät arbeitet nach dem Verfahren der elektrischen Widerstandsmessung. Bild 2 zeigt die Versuchsanordnung.

4.2. Kurzzeitversuch mit wasserdampfgesättigter Luft

Die mit Pulver bedeckten Proben wurden Luft mit 100 % relativer Feuchte bei Raumtemperatur ausgesetzt. In Bild 3 ist der Versuchsaufbau schematisch dargestellt. Die Proben a, die mit dem entsprechenden Löschpulver vollständig bedeckt waren, lagerten in einem Behälter b. Raumluft wurde mit einer Membranpumpe c durch ein temperiertes Wasserbad d geleitet. Die übersättigte Luft strömte anschließend durch einen Kühler e, in welchem der überschüssige Wasserdampf auskondensierte, in den Behälter mit den Proben. Die Temperatur des Wasserbades im Glaskolben f wurde

mit Hilfe des Kontaktthermometers g, das über das Schaltrelais h die Heizung i regelte, konstant gehalten. Die Temperatur im Behälter wurde mit dem Quecksilberthermometer k überwacht. Die Registrierung der Pulverfeuchte erfolgte in regelmäßigen Zeitabständen über die Meßelektroden l mit dem Siemens-Feuchtemesser.

4.3. Kurzzeitversuch mit kohlendioxidhaltiger Atmosphäre

Die mit Löschpulver vollständig bedeckten Proben a lagerten wiederum in einem großen Behälter b (Bild 4). Der dicht verschlossene Behälter war mit einem Gasgemisch, das aus 85 % Luft und 15 % Kohlendioxid bestand, gefüllt. Ein kleiner Ventilator d verwirbelte das im Behälter befindliche Gemisch, um eine Entmischung zu verhindern. Auf dem Boden des Behälters befand sich eine 2 cm hohe Wasserschicht c, so daß das Gasgemisch über dem Wasser eine relative Feuchte von 100 % hatte. Im Behälter wurde ein leichter Überdruck von 1 mbar aufrechterhalten, der mit Hilfe des U-Rohr-Manometers e überwacht wurde. Das Gasgemisch wurde mit Gasgemischpumpen hergestellt. Die Zusammensetzung konnte mit einem Sauerstoffanalysator, Magnos, und mit einem Ultrarot-Absorptions-Spektrometer, URAS, für Kohlendioxid überprüft werden. Die Elektroden f dienten auch hier zur Bestimmung der Pulverfeuchte mit dem Siemens-Feuchtemesser. Mit dem Quecksilberthermometer g wurde die Temperatur im Behälter registriert.

5. VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Die eingelagerten Proben wurden nach verschiedenen Zeitabständen aus dem Behälter genommen, um die Korrosionserscheinungen festzuhalten. Der Oberflächenzustand der Proben wurde photographisch registriert. Die Gewichtsveränderungen wurden mit einer Analysenwaage mit einer Ge-

nauigkeit von 0,1 mg bestimmt. Die Korrosionsprodukte wurden teils auf chemischem Weg mit den in DIN 50 905 [6] empfohlenen Mitteln, teils mechanisch entfernt. Die angreifenden Mittel, die Trockenlöschpulver, wurden während der Gesamtdauer des jeweiligen Versuches nicht erneuert. Die Raumtemperatur, die relative Luftfeuchtigkeit, die Temperatur im Probenbehälter und die Feuchte der Trockenlöschpulver wurden in regelmäßigen Zeitabständen registriert.

6. VERSUCHSERGEBNISSE

Folgende Größen wurden bei der Auswertung der Korrosionsergebnisse festgehalten:

1. Gewichtsveränderungen der Proben.
2. Oberflächenveränderungen der Proben, wie Lochfraß, Verfärbung der Oberfläche, Häufigkeit, Größe und Verteilung der Korrosionsstellen, Bildung von Deckschichten.
3. Art und Beschaffenheit der Korrosionsprodukte.

Mit den Meßgrößen Gewichtsverlust, Probenoberfläche und Korrosionsdauer wurde folgende in [5] näher erläuterte Korrosionsgrößen berechnet:

1. Korrosionsverlust (Flächenverlust). Der Korrosionsverlust K wird aus dem Gewichtsverlust ΔG und der korrodierten Oberfläche S wie folgt berechnet:

$$K = \frac{\Delta G}{S} \quad (1)$$

2. Korrosionsgeschwindigkeit. Die Korrosionsgeschwindigkeit v_K ist der Quotient aus Korrosionsverlust K und der Korrosionsdauer t .

$$v_K = \frac{K}{t} \quad (3)$$

Da die Korrosionsgeschwindigkeit bei allen vorliegenden Versuchen nicht linear war, kann sie nur abschnittsweise angegeben werden, d. h.:

$$v_K = \frac{\Delta K}{\Delta t} \quad (4)$$

Als Zeiteinheit für die Korrosionsdauer wurde die Woche gewählt, die in den Bildern mit dem Buchstaben w gekennzeichnet wird.

6.1. Langzeitversuch

Bei diesem Korrosionsversuch schwankte die Raumtemperatur zwischen 18°C und 23°C . Die relative Luftfeuchtigkeit im Raum, die mit einem Haarhygrometer bestimmt wurde, lag im Mittel bei 50 %. Als Höchstwert wurden 64 % und als Tiefstwert 44 % gemessen. Die Versuchsdauer betrug 96 Wochen.

6.1.1. Korrodierende Wirkung des BCE-Pulvers

Eine meßbare Zunahme der Feuchte des Pulver wurde nicht festgestellt. Da der Siemens-Feuchtemesser erst ab einer Feuchte von 5 % reproduzierbare Werte liefert, kann das Pulver aber eine geringe Feuchte angenommen haben. Die Stahlprobe zeigte nach 14 Wochen Lagerzeit deutliche Korrosionsstellen. Messing und Kupfer waren erst nach 44 Wochen verfärbt.

Bild 5 zeigt den Gewichtsverlust der einzelnen Proben unter der Einwirkung des BCE-Pulvers. Der größte Gewichtsverlust ist bei der Stahlprobe aufgetreten. Auch beim Kupfer ist ein merklicher Verlust festzustellen. Die Ab-

nahmen bei den übrigen Proben sind sehr gering und haben praktisch den Wert Null. Bei der Kupfer- und Stahlprobe ist zu erkennen, daß der Gewichtsverlust in den ersten Wochen größer ist. Mit fortschreitender Korrosionsdauer verlangsamt sich der Korrosionsvorgang. Dies ist vermutlich auf die Bildung von schützenden Deckschichten zurückzuführen. Dies ist deutlich in Bild 6 zu erkennen. Hier sind der Korrosionsverlust und die Korrosionsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Korrosionsdauer für die Proben Stahl, Messing und Kupfer dargestellt. Die übrigen Proben wurden nicht berücksichtigt, da hier kein deutlich meßbarer Korrosionsverlust festzustellen war. Im Gegensatz zum Gewichtsverlust stellt der Korrosionsverlust die Größe dar, mit der die einzelnen Proben bei nicht zu stark verschiedenen Dichten miteinander verglichen werden können. Der Korrosionsverlust der Stahlprobe ist mehr als 4fach so groß wie beim Kupfer, während die Messingprobe den kleinsten Wert dieser drei Proben aufweist. Wie schon beim Verlauf des Gewichtsverlustes festzustellen ist, liegen die größten Korrosionsgeschwindigkeiten in der ersten Hälfte des Versuches und nehmen zum Ende hin infolge der Bildung einer Schutzschicht stark ab.

6.1.2. Korrodiierende Wirkung des ABC-Pulvers

Im Gegensatz zum BCE-Pulver nahm der Feuchtegehalt des ABC-Pulvers rach zu, um nach 2 Wochen Einlagerungszeit den Endwert von 11 % zu erreichen. Diese Feuchte blieb während der gesamten Versuchsdauer konstant. Nach 14 Wochen Lagerzeit zeigten die Kupfer- und Messingproben eine deutliche Oberflächenverfärbung, die Stahlprobe wies dunkle Flecken auf. Die übrigen Proben zeigten keinerlei Veränderungen. Nach 44 Wochen Versuchsdauer war die Oberfläche von Messing und Kupfer stark verfärbt. Bei der Probe aus der Al-Mg-Legierung wurden von den Kanten ausgehende kleine Risse

festgestellt. Die Stahlprobe zeigte zahlreiche Roststellen, die punktförmig über die Oberfläche verteilt waren. Die Oberfläche des verzinkten Bleches war matt geworden.

Die in Bild 7 aufgezeichneten Meßwerte des Gewichtsverlustes und die berechneten Werte des Korrosionsverlustes in Bild 8 ergänzen die Beobachtungen. Zu Beginn der Einlagerung ist der Korrosionsverlust bei allen Proben praktisch Null. Danach steigt der Korrosionsverlust und die Korrosionsgeschwindigkeit bei Stahl, Messing und Kupfer stärker an. Ähnlich wie beim BCE-Pulver verlangsamt sich anschließend die Korrosionsgeschwindigkeit wieder. Eine Ausnahme bildet die Messingprobe, bei der eine stetige Steigerung festzustellen ist. Bei den übrigen Proben bildet sich mit zunehmender Korrosionsdauer eine Deckschicht aus, die die korrodierende Wirkung des ABC-Pulvers vermindert. Die dunkle Verfärbung der Messingprobe hingegen stellt vermutlich keine Schutzschicht dar. Wie schon beim BCE-Pulver beobachtet wurde, ist die korrodierende Wirkung beim Stahl am größten, während sie bei Messing und Kupfer viel geringer ist. Lackierter Stahl und Edelstahl zeigten keine Korrosionserscheinungen.

6.1.3. Korrodiierende Wirkung des Metallbrandpulvers

Das Metallbrandpulver nahm während der Versuchsdauer keine meßbare Feuchte an. Wie schon in Abschnitt 6.1.1. ausgeführt wurde, kann aber ein geringer Feuchtegehalt (<3 %) vorgelegen haben. Bild 9 und 10 zeigen Gewichtsverlust, Korrosionsverlust und Korrosionsgeschwindigkeit aller Proben in Abhängigkeit von der Versuchsdauer. Auch hier sind in den ersten 14 Wochen keine merklichen Korrosionserscheinungen außer bei der Stahlprobe festzustellen. Edelstahl, lackierter Stahl, verzinktes Blech und die Al-Mg-Legierung zeigen keine meßbaren Veränderungen während des

ganzen Versuches. Bei der Stahlprobe ist wiederum der charakteristische Korrosionsverlauf festzustellen: Starke Korrosionserscheinungen in der ersten Hälfte und ein starkes Nachlassen nach ca. 40 Wochen Versuchsdauer. Dies ist abgeschwächt auch beim Kupfer und beim Messing zu beobachten. Der Verlauf der Korrosionsgeschwindigkeit verdeutlicht die Bildung einer Schutzschicht auf der Oberfläche der Proben. Die Korrosionsgeschwindigkeit geht praktisch bis auf Null zurück.

6.1.4. Vergleich der Korrosionswirkung der eingesetzten Trockenlöschpulver

In den Bildern 11-15 ist der gewichtsverlust der Proben aus Stahl, Kupfer, Al-Mg-Legierung, Messing und verzinktem Blech unter der Einwirkung des Metallbrandpulvers, des ABC- und BCE-Pulvers dargestellt. In den Bildern 16-20 sind die Werte für den Korrosionsverlust und die Korrosionsgeschwindigkeit aufgezeichnet. Alle Proben, bei denen Korrosionserscheinungen festgestellt wurden, werden von dem ABC-Pulver am stärksten korrodiert, das BCE-Pulver hatte die schwächste Wirkung. Bei den Proben aus verzinktem Blech und aus der Al-Mg-Legierung konnten keine meßbaren Korrosionserscheinungen unter der Einwirkung des BCE-Pulvers und des Metallbrandpulvers beobachtet werden. Die korrodierende Wirkung des Metallbrandpulvers und des BCE-Pulvers ist bei der Kupfer- und Messingprobe die gleiche, während die Stahlprobe vom Metallbrandpulver etwas stärker angegriffen wird als vom BCE-Pulver. Die im Vergleich zu den beiden anderen Pulvern erhöhte Korrosionswirkung des ABC-Pulvers ist vermutlich auf den höheren Feuchtegehalt dieses Pulvers zurückzuführen. Da die Pulver bei Raumtemperaturen lagerten, ist eine thermische Zersetzung auszuschließen, so daß ein Angriff durch gasförmige Zersetzungsprodukte nicht möglich war. Mit dem

beschriebenen Versuchsaufbau konnte nicht festgestellt werden, ob unter der Einwirkung des aufgenommenen Wassers Zersetzungsreaktionen des ABC-Pulvers stattgefunden haben.

Bild 21 zeigt Aufnahmen der Probenoberflächen im Maßstab 1:1 nach Versuchsende. Auch hier ist deutlich die stärkerer korrodierende Wirkung des ABC-Pulvers (mittlere Spalte) zu erkennen. Messing und Kupfer zeigen Oberflächenverfärbungen, an der Al-Mg-Legierung sind von den Kanten ausgehende Lochfraßerscheinungen zu sehen. Die Oberfläche der Stahlprobe ist mit zahlreichen punktförmigen Roststellen übersät. Bei der Probe aus verzinktem Blech ist die Oberfläche unter der Einwirkung des ABC-Pulvers matter geworden. Bei den anderen Proben, die im Metallbrandpulver und im BOE-Pulver lagerten, sind die Korrosionserscheinungen schwächer ausgeprägt oder wie im Falle des verzinkten Blechs und der Al-Mg-Legierung keine Auswirkungen festzustellen. Die Edelstahl- und lackierten Stahlproben zeigen bei allen Pulvern keine Veränderungen.

6.2. Kurzzeitversuch mit wasserdampfgesättigter Luft

Die Raumtemperatur bei diesem Korrosionsversuch schwankte nur wenig um 20 °C. Der höchste Wert lag bei 21,5 °C der niedrigste bei 19 °C. Bei diesen geringen Schwankungen sind die Änderungen des absoluten Feuchtegehaltes der mit Wasserdampf gesättigten Luft während des Versuches klein geblieben, so daß im Rahmen der Genauigkeit des Meßverfahrens konstante Versuchsbedingungen gegeben waren. Der Versuch wurde nach 4, 8 und 12 Wochen unterbrochen, um die Korrosionserscheinungen und den Gewichtsverlust zu registrieren. Die gesamte Versuchsdauer betrug 18 Wochen.

6.2.1. Korrodiierende Wirkung des BCE-Pulvers

Der Feuchtegehalt des BCE-Pulvers, das jetzt einer Luft mit 100 % relativer Feuchte bei 20 °C ausgesetzt war, nahm stetig zu und erreichte nach 9 Wochen den Höchstwert mit 30 %. Dieser Wert wurde bis zum Versuchsende nicht überschritten.

Unter diesen gegenüber dem Langzeitversuch verstärkten Angriffsbedingungen wurde eine wesentlich größere Korrosion beobachtet. Nach 4 Wochen Lagerzeit zeigte die Kupferprobe eine starke Patinabildung, die Messingprobe war an vielen Stellen schwarz verfärbt. Auf der Oberfläche der Probe aus der Al-Mg-Legierung wurden kleine Flecken festgestellt. Auf der Stahlprobe waren größere Rostflecken zu erkennen. Die Proben aus Edelstahl, verzinktem Blech und lackiertem Stahl zeigten keine Korrosionserscheinungen.

Nach einer Versuchsdauer von 8 Wochen hatten sich die oben beschriebenen Erscheinungen verstärkt. Bei der Probe aus der Al-Mg-Legierung wurde an einigen Stellen Lochfraß festgestellt. Die Lackschicht der lackierten Stahlprobe wies kleine Blasen auf. Nach einer Versuchsdauer von 12 Wochen hatte sich auf der Kupferprobe eine geschlossene Patinaschicht gebildet. Die Oberfläche der Messingprobe war mit einer schwarzen Schicht überzogen. Auf der Probe aus der Al-Mg-Legierung waren kleine Löcher festzustellen, die eine Tiefe von 1/100- bis 2/100 mm hatten. Die Stahlprobe wies zahlreiche Roststellen auf. Die Oberfläche der Probe aus verzinktem Blech war matt geworden. Die Lackschicht der lackierten Stahlprobe war stark angegriffen und an mehreren Stellen abgeblättert. Hier setzte stärkere Rostbildung ein. An der Edelstahlprobe wurden keine Einwirkungen festgestellt.

Bild 22 zeigt die Proben nach Versuchsende (linke Spalte). Auf der Kupferprobe ist die grüne Patinaschicht zu erkennen, die fast geschlossen die ganze Oberfläche bedeckt. Die Messingprobe ist völlig mit einer schwarzen Schicht überzogen. Auf der Probe aus der Al-Mg-Legierung sind kleine Löcher, die vom Lochfraß herrühren, zu sehen. Die Eindringtiefe bei einigen größeren Löchern betrug $4/100$ mm. Die Stahlprobe weist zahlreiche Roststellen auf. Der Angriff erfolgte hier punktförmig, wie die vielen kleinen Löcher erkennen lassen. Die Lackschicht bei der lackierten Stahlprobe ist nur noch stellenweise vorhanden. An den blanken Stellen bildet sich Rost. Die Schutzschicht des verzinkten Bleches ist zerstört. Dies ist an der matten Oberfläche zu sehen. Einige Roststellen sind zu erkennen. Die Edelstahlprobe weist keine Korrosionserscheinungen auf.

In den Bildern 23 und 24 sind die quantitativen Meßergebnisse für den Gewichtsverlust, für den Korrosionsverlust und für die Korrosionsgeschwindigkeit dargestellt. Gegenüber dem Langzeitversuch weisen alle Proben während der gesamten Versuchsdauer einen wachsenden Gewichts- bzw. Korrosionsverlust bei steigender Korrosionsgeschwindigkeit auf. Dies ist ein Zeichen dafür, daß sich innerhalb der kürzeren Versuchsdauer keine Deckschicht ausbilden konnte, die den Korrosionsangriff abschwächte. Obwohl die beiden Stahlproben bei Versuchsende einen größeren Gewichtsverlust aufweisen als die Messing- und Kupferprobe, verschiebt sich die Reihenfolge bezüglich des Korrosionsverlustes. Die Messingprobe erreicht hier den größten Wert, danach folgt die lackierte Stahlprobe, Kupfer und unbehandelter Stahl haben den gleichen Wert. Diese Unterschiede im Vergleich zum Gewichtsverlust sind auf die Definition des Korrosionsverlustes, der auch als Flächen-gewichtsverlust bezeichnet wird, zurückzuführen. Im Gegensatz zu ΔG stellt K einen relativen Wert dar, der auf

die korrodierte Oberfläche der Probe bezogen ist. Im vorliegenden Fall hatten die Stahlproben eine größere Oberfläche als die Messing- und Kupferprobe. Unter den verstärkten Angriffsbedingungen konnten auch bei den Proben aus der Al-Mg-Legierung und dem verzinktem Blech deutliche Korrosionserscheinungen beobachtet werden, die am Gewichts- bzw. Korrosionsverlust erkennbar sind. Auch die Edelstahlprobe weist einen meßbaren Gewichtsverlust auf. Dieser Wert liegt aber an der Grenze der Meßgenauigkeit und ist daher mit größeren Fehlern behaftet. Aus den Kurvenverläufen in den Bildern 23 und 24 geht hervor, daß der Korrosionsschutz durch die Lackschicht und den Zinküberzug auf den Stahlproben erst nach der 10. Woche seine Wirkung verliert. Danach setzt vor allem bei der lackierten Stahlprobe eine starke Korrosion ein.

6.2.2. Korrodiierende Wirkung des ABC-Pulvers

Der Feuchtegehalt des ABC-Pulvers betrug bereits nach 4 Wochen Lagerzeit rund 45 %. Dieser Wert blieb bis zum Versuchsende konstant.

Unter dem Einfluß dieses hohen Feuchtegehaltes wurden bereits nach einer Versuchsdauer von 4 Wochen deutliche Korrosionserscheinungen beobachtet. Die Kupferprobe wies eine starke Patinabildung auf. Auf der Messingprobe wurde eine starke schwarze Verfärbung festgestellt. Auf der Oberfläche der Probe aus der Al-Mg-Legierung wurde eine ausgeprägte Fleckenbildung registriert. Die Stahlprobe war mit zahlreichen Rostflecken übersät. Die Lackschicht auf der lackierten Stahlprobe wies einige Blasen auf. Die Oberfläche des verzinkten Bleches war fleckig. Lediglich an der Edelstahlprobe waren keine Veränderungen zu erkennen.

Nach 8 Wochen Versuchsdauer waren die beschriebenen Korrosionserscheinungen ausgeprägter. Die Al-Mg-Legierungsprobe wies mehrere Lochfraßstellen mit einer Eindringtiefe von 2/100 bis 5/100 mm auf. Die Lackschicht der lackierten Stahlprobe hatte sich an einer Stelle etwas gelöst.

Nach 12 Wochen Lagerzeit wurden folgende Beobachtungen festgestellt: Die Oberfläche der Kupferprobe ist mit einer zusammenhängenden Patinaschicht überzogen. Die Messingprobe ist verfärbt. Die Probe aus der Al-Mg-Legierung weist zahlreiche kleine Löcher auf, die durch Lochfraß verursacht worden sind. Die Stahlprobe ist stark verrostet. Die Lackschicht der lackierten Stahlprobe hat sich an mehreren Stellen gelöst. Die jetzt ungeschützten blanken Stellen zeigen Rostflecken. Die Schutzschicht auf dem verzinkten Blechstreifen ist zerstört, wie die starke Rostbildung beweist.

Ein Überblick über das Ausmaß der Korrosion unter der Einwirkung des ABC-Pulvers bei Versuchsende geben die photographischen Aufnahmen der Probenoberflächen in Bild 22 (mittlere Spalte) wieder. Die Patinabildung auf der Kupferprobe und die Deckschicht auf der Messingprobe sind deutlich zu erkennen. Das Ausmaß des Lochfraßes auf der Oberfläche der Probe aus der Al-Mg-Legierung ist zu sehen. Die Stahlprobe trägt eine fast zusammenhängende Rostschicht. Die Lackschicht der lackierten Stahlprobe ist an zahlreichen Stellen gelöst. Hier setzt eine Rostbildung ein. Die Probe aus verzinktem Blech, deren Zinküberzug zerstört ist, ist stark verrostet. An der Edelstahlprobe sind keine Korrosionserscheinungen festzustellen.

Diese qualitativen Ergebnisse werden durch die in den Bildern 25 und 26 wiedergegebenen Meßergebnisse für den Gewichtsverlust, für den Korrosionsverlust und für die Korrosionsgeschwindigkeit bestätigt. Der Gewichts- bzw. Korro-

sionsverlust nimmt bei wachsender Korrosionsgeschwindigkeit während des gesamten Versuches zu. Eine Schutzschicht, die den Korrosionsangriff abschwächt, konnte sich vermutlich bei der kurzen Versuchsdauer nicht ausbilden. Lediglich die Probe aus verzinktem Blech zeigt einen abweichenden Verlauf. Nach 8 Wochen Lagerzeit sinkt die Korrosionsgeschwindigkeit, um nach 12 Wochen wieder zuzunehmen. Dies könnte auf eine Schutzschichtbildung hindeuten, die im Laufe des Versuches wieder zerstört wurde. Es ist aber auch denkbar, daß zufallsartige Fehler das Meßergebnis stärker verfälschten. Bei Versuchsende ist bei der Stahlprobe der größte Gewichts- und Korrosionsverlust aufgetreten. Auch die Probe aus verzinktem Blech weist wesentlich höhere Werte auf als die anderen Proben, die bezüglich des Korrosionsverlustes näher beieinander liegen. Bei der Edelstahlprobe wurden keine meßbaren quantitativen Veränderungen festgestellt. Den Bildern 25 und 26 ist zu entnehmen, daß die Zinkschutzschicht auf der Blechprobe innerhalb der ersten vier Wochen zerstört wurde. Die Lackschicht bot einen sicheren Korrosionsschutz bis etwa zur 6. Woche. Danach wird auch hier die Probe stark korrodiert.

6.2.3. Korrodiierende Wirkung des Metallbrandpulvers

Dieses Pulver wies den höchsten Feuchtigkeitsgehalt auf. Er betrug nach 3 Wochen Versuchsdauer 55 %. Auch hier blieb der Feuchtegehalt des Pulvers ab diesem Zeitpunkt bis Versuchsende in etwa konstant.

Aufgrund dieser hohen Pulverfeuchte zeigten sich an den Proben nach 4 Wochen Lagerzeit deutliche Korrosionsspuren. Die Kupferoberfläche war grünfleckig, die Messingprobe war teilweise schwarz gefärbt. Auch auf der Probe aus der Al-Mg-Legierung waren dunkle Flecken zu sehen. Die Stahlprobe zeigte deutliche Rostspuren, die Lackschicht der lackier-

ten Stahlprobe wies einige Blasen auf, während die Oberfläche der verzinkten Blechprobe matt geworden war. Die Edelstahlprobe war unversehrt. 8 Wochen nach Versuchsbeginn hatte sich auf der Kupferprobe an mehreren Stellen eine Patinaschicht gebildet. Die Messingprobe war fast vollständig schwarz gefärbt. An der Probe aus der Al-Mg-Legierung wurde an einigen Stellen Lochfraß festgestellt. Die Stahlprobe war stark verrostet. Die Lackschicht der lackierten Stahlprobe hatte sich an mehreren Stellen gelöst. Hier setzte eine Rostbildung ein. Die Zinkschutzschicht auf der Blechprobe war zerstört. Auf der jetzt ungeschützten Oberfläche bildeten sich zahlreiche Roststellen aus. An der Edelstahlprobe konnten keine Veränderungen festgestellt werden.

Nach 12 Wochen Lagerzeit sind die Korrosionserscheinungen stark ausgeprägt. Die Kupfer- und Messingprobe sind mit einer Patina- bzw. schwarzen Schicht fast vollständig bedeckt. Die Probe aus der Al-Mg-Legierung ist mit vielen Lochfraßstellen übersät. Die Stahlprobe ist von einer zusammenhängenden Rostschicht bedeckt. Die Lackschicht der lackierten Stahlprobe ist nur noch an einigen Stellen vorhanden. An den jetzt ungeschützten Flächen haben sich große Rostflecken ausgebildet. Auch auf der Probe aus verzinktem Blech sind zahlreiche Roststellen zu erkennen. Die Edelstahlprobe weist einige kleinere Flecken auf.

Die photographischen Aufnahmen der Probenoberflächen im Maßstab 1:1, die in Bild 22, rechte Spalte, zu sehen sind, geben einen Überblick über die starken Korrosionserscheinungen unter der Einwirkung des Metallbrandpulvers. Kurz zusammengefaßt präsentieren sich die Proben bei Versuchsende in folgendem Zustand: Die Kupferprobe zeigt starke Patinabildung. Die Messingprobe ist von einer dunklen Oxidschicht bedeckt. Zahlreiche Lochfraßstellen mit einer Tiefe bis zu 5/10 mm sind auf der Oberfläche der Probe aus der

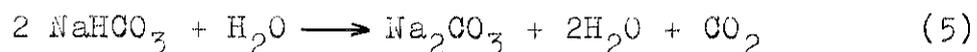
Al-Mg-Legierung verteilt. Die Probe aus St 37 ist stark verrostet. Das Metall ist stellenweise bis zu 1/10 mm abgetragen. Die Lackschicht der lackierten Stahlprobe ist nicht mehr vorhanden. Die Oberfläche weist eine starke Rostbildung auf. Auch die Probe aus verzinktem Blech ist stark korrodiert, wie aus den zahlreichen Roststellen zu erkennen ist. An der Edelstahlprobe sind einige gelblich-braune Flecke auszumachen.

Die hier beschriebenen Beobachtungen werden durch die in den Bildern 27 und 28 dargestellten Meßergebnisse verdeutlicht. Wie schon beim BCE- und ABC-Pulver festgestellt wurde, nehmen Gewichts- und Korrosionsverlust stetig zu. Eine Verminderung der Korrosionsgeschwindigkeit ist nicht zu beobachten. Dies deutet daraufhin, daß innerhalb der gewählten Versuchsdauer die Ausbildung einer Schicht auf der Probenoberfläche, die den Korrosionsvorgang verlangsamt, nicht möglich war. Die beiden Stahlproben weisen bei Versuchsende den größten Gewichts- und Korrosionsverlust auf. Es folgen die Proben aus Messing und verzinktem Blech, die den gleichen Wert erreichen. Trotz der zahlreichen Lochfraßstellen ist der Korrosionsverlust der Probe aus der Al-Mg-Legierung geringer als der der Kupferprobe. Obwohl bei der Edelstahlprobe ein deutlich meßbarer Gewichtsverlust aufgetreten ist, ist der Korrosionsverlust im Vergleich zu den anderen Proben praktisch Null. Den Bildern 27 und 28 ist auch zu entnehmen, daß die Zinkschicht auf der Blechprobe keinen wirksamen Korrosionsschutz bietet, da sie bereits in der Anfangsphase des Korrosionsversuches zerstört wird. Demgegenüber läßt die Schutzwirkung der Lackschicht der lackierten Stahlprobe erst nach 4 Wochen Lagerzeit nach.

6.2.4. Vergleich der Korrosionswirkung der eingesetzten Trockenlöschpulver

In den Bildern 29-35 ist der Gewichtsverlust der Proben unter dem Einfluß des Metallbrandpulvers, des ABC- und des BCE-Pulvers über der Versuchsdauer aufgetragen. Die ent-

sprechenden Werte des Korrosionsverlustes und der Korrosionsgeschwindigkeit sind in den Bildern 36-42 dargestellt. Alle Proben, bei denen meßbare Korrosionserscheinungen festgestellt wurden, werden vom Metallbrandpulver am stärksten korrodiert. Die Wirkung des ABC- und BCE-Pulvers ist mit einer Ausnahme schwächer. Bei der Probe aus der Al-Mg-Legierung erreicht das ABC-Pulver die gleiche Korrosionswirkung wie das Metallbrandpulver. Eine eindeutige Abstufung der korrodierenden Wirkung der Trockenlöschpulver ist bei der Stahlprobe und beim verzinkten Blech in der Reihenfolge Metallbrandpulver, ABC-Pulver, BCE-Pulver zu erkennen. Dies entspricht auch dem Feuchtegehalt der einzelnen Pulver während des Versuches, so daß die primäre Korrosionswirkung vermutlich in der Wasseraufnahme dieser Löschpulver zu suchen ist. Nach [4] können bei Anwesenheit von Wasser Zersetzungsreaktionen ablaufen wie z. B. bei BCE-Pulvern



Die bei diesen Reaktionen entstehenden Produkte, die bei dem vorliegenden Versuchsaufbau nicht gemessen werden konnten, können die Korrosion der Metallproben beschleunigen. Dies würde das abweichende Verhalten der Probe aus der Al-Mg-Legierung erklären. Hier wurde für das Metallbrandpulver und für das ABC-Pulver die gleiche Korrosionswirkung festgestellt. Ähnliche Abweichungen wurden auch bei der Kupfer-, der Messing- und der lackierten Stahlprobe beobachtet (Bilder 37, 39 und 41), bei denen kein wesentlicher Unterschied in der korrodierenden Wirkung des ABC- und BCE-Pulvers zu erkennen ist. Auffallend ist auch, daß der Zinkschutz zu Versuchsbeginn vom ABC-Pulver stärker angegriffen wurde als vom Metallbrandpulver, wohingegen die Schutzwirkung beim BCE-Pulver bis zur 12. Versuchswoche erhalten blieb. Unter den verstärkten Angriffsbedingungen bot die Lackschicht 4 Wochen lang einen aus-

reichenden Schutz beim Metallbrandpulver, gegenüber dem ABC-Pulver blieb sie 8 Wochen resistent. Das BCE-Pulver konnte die Lackschicht erst nach ca. 11 Wochen zerstören. Die in den Bildern 35 und 42 dargestellten Versuchsergebnisse der Edelstahlprobe sind nicht unbedingt ein Beweis dafür, daß dieses Metall von den Trockenlöschpulvern angegriffen wird. Die Werte sind so gering, daß zufällige Fehler eine große Rolle spielen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß bei der verstärkten Angriffsbedingung einer 100 % relativen Luftfeuchtigkeit die Trockenlöschpulver innerhalb von 18 Wochen stark korrodierend wirken. Der Anwesenheit von Wasser kommt dabei die entscheidende Bedeutung zu.

6.3. Kurzzeitversuch mit kohlendioxidhaltiger Atmosphäre

Von kleineren Schwankungen abgesehen herrschte bei diesem Korrosionsversuch eine mittlere Raumtemperatur von 22 °C. Änderungen des absoluten Feuchtigkeitsgehaltes der mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre sind gering gewesen. Die mit Pulver bedeckten Proben waren einer Atmosphäre aus 15 % Kohlendioxid und 85 % Luft ausgesetzt. Die Lagerzeit wurde gegenüber dem Kurzzeitversuch erhöht, um Anhaltspunkte über die Bildung einer korrosionshemmenden Schicht zu erhalten. Nach 8 und 16 Wochen wurde der Versuch unterbrochen und die Korrosionserscheinungen registriert. Die gesamte Versuchsdauer betrug 52 Wochen.

6.3.1. Korrodiierende Wirkung des BCE-Pulvers

Der Feuchtegehalt des BCE-Pulvers erreichte nach 20 Wochen den Höchstwert von 18 %. Er blieb bis zum Versuchsende konstant. Die Proben wurden in gleicher Weise von dem Pulver angegriffen wie bei dem Kurzzeitversuch mit wasserdampfgesättigter Luft. Es wurden ähnliche Korrosionserscheinungen beobachtet.

Nach 8 Wochen Lagerzeit ist auf der Kupferprobe eine starke Patinabildung festzustellen. Die Messingprobe ist dunkel verfärbt. Auf der Oberfläche der Probe aus der Al-Mg-Legierung sind einige Lochfraßstellen zu erkennen. Die Stahlprobe zeigt große Roststellen. Die Lackschicht der lackierten Stahlprobe ist blasig, an den Kanten treten einige Roststellen auf. Die Oberfläche der verzinkten Blechprobe ist matt geworden. Die Edelstahlprobe ist unverändert.

Die Korrosionserscheinungen sind nach einer Korrosionsdauer von 16 Wochen schon stark ausgeprägt. Die Kupferprobe ist von einer fast geschlossenen Patinaschicht überzogen, das Messing ist dunkel verfärbt. An der Probe aus der Al-Mg-Legierung sind kleine Lochfraßstellen sichtbar. Die Stahlprobe ist an mehreren Stellen mit einer dicken Rostschicht bedeckt. Die Lackschicht der lackierten Stahlprobe hat sich an einigen Stellen gelöst, an denen Rost zu erkennen ist. Auf der Oberfläche der verzinkten Blechprobe sind einige Rostflecke zu sehen. An der Edelstahlprobe werden keine Veränderungen beobachtet.

Bild 43 zeigt den Zustand der Proben im Maßstab 1:1 bei Versuchsende (linke Spalte). Die Kupferprobe ist schwarz-gelb fleckig geworden. Die Messingprobe ist von einem grauen Belag bedeckt. Auf der Probe aus der Al-Mg-Legierung sind Lochfraßstellen zu erkennen. Die Stahlprobe ist stark verrostet. Die Lackschicht der lackierten Stahlprobe ist nur noch stellenweise vorhanden. An den ungeschützten Stellen hat sich Rost gebildet. Die Oberfläche der verzinkten Blechprobe ist stumpf geworden, einige Roststellen sind zu erkennen. Die Edelstahlprobe zeigt keine Veränderungen.

Eine Ergänzung zu diesen qualitativen Ergebnissen stellen die in den Bildern 44 und 45 aufgetragenen Meßergebnisse für den Gewichtsverlust, für den Korrosionsverlust und für die Korrosionsgeschwindigkeit dar. Die Kurven zeigen einen ähnlichen Verlauf wie die des Langzeitversuches. Innerhalb der ersten Wochen des Versuches nimmt der Gewichts- bzw. Korrosionsverlust stark zu. Danach verlangsamt sich die Korrosionsgeschwindigkeit. Dies ist vermutlich auf die Bildung einer korrosionshemmenden Schicht zurückzuführen. Eine Ausnahme bildet die verzinkte Blechprobe. Hier nimmt der Korrosionsverlust nach einer Anfangsphase mit geringer Korrosionsgeschwindigkeit, die auf die Schutzwirkung des Zinküberzuges zurückzuführen ist, stetig zu. Bei Versuchsende weisen die beiden Stahlproben den größten Gewichts- und Korrosionsverlust auf. Die Kupfer- und verzinkte Blechprobe erleiden den gleichen Korrosionsverlust. Die Messingprobe wird schwächer korrodiert. Trotz der Lochfraßstellen hat die Probe aus der Al-Mg-Legierung den geringsten Korrosionsverlust. Wie schon bei den qualitativen Beobachtungen erkannt wurde, sind an der Edelstahlprobe keine Korrosionserscheinungen aufgetreten. Den Bildern 44 und 45 ist weiter zu entnehmen, daß die Lackschicht der lackierten Stahlprobe bis etwa zur 10. Woche ein wirkungsvoller Korrosionsschutz ist. Ist diese Schicht zerstört, setzt eine starke Korrosion ein. Bei Versuchsende wies diese Probe fast den gleichen Korrosionsverlust auf wie die Stahlprobe. An der verzinkten Blechprobe treten zum gleichen Zeitpunkt Korrosionserscheinungen auf. Die Schutzwirkung der Zinkschicht bleibt, wenn auch in schwächerem Maße, erhalten, so daß der Korrosionsverlust wesentlich geringer ist als bei den Stahlproben.

6.3.2. Korrodiierende Wirkung des ABC-Pulvers

Der Feuchtegehalt des ABC-Pulvers nahm bei diesem Versuch langsamer zu als beim Kurzzeitversuch mit wasserdampfgesättigter Luft. Der Höchstwert von ca. 40 % wurde nach 15 Wochen erreicht und blieb bis zum Versuchsende konstant.

Die Proben wurden in ähnlicher Weise korrodiert, wie die in Abschnitt 5.2.2. beschriebenen. Sie zeigten nach 8 Wochen Lagerzeit folgendes Aussehen: Die Kupferprobe ist mit einer fast geschlossenen Patinaschicht überzogen. Die Messingprobe ist dunkelbraun verfärbt. Auf der Oberfläche der Probe aus der Al-Mg-Legierung sind größere Lochfraßstellen zu erkennen. Die Stahlprobe trägt eine starke Rostschicht. Die Lackschicht der lackierten Stahlprobe ist blasig. An den Kanten hat sie sich teilweise gelöst. Die Zinkschicht der Blechprobe ist stark angegriffen. Einige Roststellen sind vorhanden. Die Edelstahlprobe ist unverändert.

Die Korrosionserscheinungen treten nach 16 Wochen Lagerzeit verstärkt auf. Die Kupferprobe ist mit einer geschlossenen Patinaschicht überzogen. Die Messingprobe hat eine dunkle Färbung angenommen. Die Lochfraßstellen auf der Probe aus der Al-Mg-Legierung haben sich vergrößert. Die Rostschicht auf der Stahlprobe ist dicker geworden. Die Lackierung der lackierten Stahlprobe hat sich an mehreren Stellen gelöst, an denen eine verstärkte Rostbildung festzustellen ist. Die verzinkte Blechprobe weist mehrere Roststellen auf. An der Edelstahlprobe sind keine Korrosionserscheinungen zu erkennen.

Den Zustand der Proben nach Versuchsende zeigen die Aufnahmen in Bild 43 (mittlere Spalte). Auf der Kupferprobe ist deutlich die Patinaschicht zu erkennen. Die Messingprobe ist dunkelbraun geworden. Auf der Probe aus der Al-Mg-Legierung sind Lochfraßstellen auszumachen. Die Stahlprobe ist stark verrostet. Die Lackschicht der lackierten Stahlprobe ist nur noch an einigen Stellen vorhanden. Die jetzt ungeschützten Flächen sind mit einer Rostschicht bedeckt. Auf der Oberfläche der verzinkten Blechprobe sind starke Korrosionserscheinungen zu erkennen. Der Zustand der Edelstahlprobe ist unverändert.

In den Bildern 46 und 47 sind die quantitativen Ergebnisse für den Gewichtsverlust, für den Korrosionsverlust und für die Korrosionsgeschwindigkeit über der Korrosionsdauer aufgetragen. Wie beim Langzeitversuch nimmt der Gewichts- bzw. Korrosionsverlust in den ersten Wochen stärker zu als im zweiten Versuchsabschnitt. Bei der Stahlprobe ist diese Tendenz nur schwach ausgeprägt, bei der lackierten Stahlprobe steigt der Gewichts- und Korrosionsverlust stetig an. Die Abnahme der Korrosionsgeschwindigkeit bei den anderen Proben ist auf die Bildung einer korrosionshemmenden Deckschicht zurückzuführen. Bei Versuchsende weisen wiederum die beiden Stahlproben den größten Gewichts- und Korrosionsverlust auf. Die entsprechenden Werte für die verzinkte Blechprobe übertreffen bei diesem Versuch die Werte der übrigen Proben aus Messing, Kupfer und Al-Mg-Legierung. Diese werden in fast gleicher Weise korrodiert, wobei die Kupferprobe zu Versuchsbeginn größere Korrosionserscheinungen erkennen läßt. Die Patinaschicht hemmt im weiteren Verlauf den Korrosionsangriff stärker, so daß der Endwert in der gleichen Größenordnung liegt wie der der beiden anderen Proben. Die Schutzwirkung des Zinküberzuges der Blechprobe läßt ab der 6. Woche nach, die Lackschicht hingegen stellt bis zur 10. Woche einen wirksamen Schutz dar. An den zerstörten Stellen der Lackschicht setzt dann aber eine starke Korrosion ein. Die Korrosionsgeschwindigkeit erreicht fast die Werte der ungeschützten Stahlprobe. Die verzinkte Blechprobe zeigt ein abweichendes Verhalten. Sie wird trotz der angegriffenen Schutzschicht langsamer korrodiert. An der Edelstahlprobe konnten keine Veränderungen gemessen werden.

6.3.3. Korrodiierende Wirkung des Metallbrandpulvers

Das Metallbrandpulver weist nach rund 15 Wochen den höchsten Feuchtegehalt mit 50 % auf. Dieser Wert bleibt bis zum Versuchsende konstant.

Bereits nach 8 Wochen Lagerzeit sind deutliche Korrosionserscheinungen zu erkennen. Auf der Kupferprobe ist eine Patinabildung festzustellen, die Messingprobe trägt einen braunen Überzug. Die Probe aus der Al-Mg-Legierung zeigt zahlreiche kleine Löcher, die vom Lochfraß herrühren. Auf der Stahlprobe haben sich zahlreiche Rostflecken gebildet. Die Lackschicht der lackierten Stahlprobe weist Blasen auf. Die Zinkschicht der Blechprobe ist an mehreren Stellen zerstört. An der Edelstahlprobe sind keine Veränderungen festzustellen.

Nach 16 Wochen Lagerzeit zeigen die Proben folgendes Aussehen: Die Kupferprobe ist mit einer geschlossenen Patinaschicht, die Messingprobe mit einer braunen Schicht überzogen. Auf der Probe aus der Al-Mg-Legierung sind tiefe Lochfraßstellen zu erkennen. Die Oberfläche der Stahlprobe ist stark verrostet. Die Lackschicht der lackierten Stahlprobe hat sich an einigen Stellen gelöst, an denen sich Rost bildet. Auf der verzinkten Blechprobe sind größere Roststellen festzustellen. An der Edelstahlprobe sind keine Veränderungen zu erkennen.

Das Ausmaß der Korrosion bei Versuchsende zeigen die Aufnahmen der Probenoberflächen in Bild 43 (rechte Spalte). Die Kupferprobe trägt eine geschlossene Patinaschicht. Die Messingprobe ist dunkelbraun gefärbt. Die weißen Flecken sind Löschpulverreste. Die Probe aus der Al-Mg-Legierung ist mit zahlreichen Lochfraßstellen übersät. An der Stahlprobe ist eine dicke Rostschicht zu erkennen. Die Lackschicht der lackierten Stahlprobe ist an vielen Stellen verschwunden. An den jetzt ungeschützten Partien hat eine starke Rostbildung eingesetzt. Auch die verzinkte Blechprobe ist stark verrostet. An der Edelstahlprobe sind keine Korrosionserscheinungen zu erkennen.

In den Bildern 48 und 49 sind die quantitativen Ergebnisse für den Gewichtsverlust, für den Korrosionsverlust und für die Korrosionsgeschwindigkeit zusammengefaßt. Wie schon beim BCE- und ABC-Pulver festgestellt wurde, nimmt der Gewichts- bzw. Korrosionsverlust in den ersten Versuchswochen stark zu. Ab der 16. Woche nimmt die Korrosionsgeschwindigkeit ab. Dies ist ein Zeichen dafür, daß sich auf der Oberfläche der Proben eine Deckschicht bildet, die den Korrosionsangriff hemmt. Ein abweichendes Verhalten zeigen die verzinkte Blechprobe und die lackierte Stahlprobe, hier nehmen Gewichts- und Korrosionsverlust stetig zu. Bis zum Versuchsende hat sich vermutlich keine korrosionshemmende Schicht gebildet. Beim Abschluß des Versuches wies die Blechprobe mit Zinküberzug den größeren Korrosionsverlust auf. Sie übertrifft noch die Stahlprobe, die in allen bisherigen Versuchen am stärksten korrodiert wurde. Auch die Probe aus der Al-Mg-Legierung wird vom Metallbrandpulver bei kohlendioxidhaltiger Atmosphäre stark angegriffen. Sie erreicht einen Wert der etwas über dem der lackierten Stahlprobe liegt. Die Messing- und Kupferprobe weisen ungefähr den gleichen Korrosionsverlust auf. Die Lackschicht schützt die Stahlprobe bis zur 10. Woche. Danach setzt eine verstärkte Korrosion ein. Der Zinküberzug der Blechprobe bietet gegenüber den hier gewählten Angriffsbedingungen keinen ausreichenden Schutz. Die Probe wird im Vergleich zu den übrigen resistenteren Materialien stark korrodiert. Wie schon aus den qualitativen Beobachtungen hervorging, sind an der Edelstahlprobe keine Korrosionserscheinungen aufgetreten.

6.3.4. Vergleich der Korrosionswirkung der eingesetzten Trockenlöschpulver

Der Gewichtsverlust der einzelnen Proben in Abhängigkeit von der Korrosionsdauer unter der Einwirkung der verwendeten Trockenlöschpulver ist in den Bildern 50-55 dargestellt. Die Bilder 56-61 enthalten die Werte für den Kor-

rosionsverlust und die Korrosionsgeschwindigkeit. Bei den beiden Stahlproben haben das ABC-Pulver und das Metallbrandpulver fast die gleiche Korrosionswirkung. Die übrigen Proben werden bei den hier gewählten Bedingungen vom Metallbrandpulver bei weitem am stärksten angegriffen. Die geringste Korrosionswirkung übt das BCE-Pulver aus. Die eindeutige Abstufung der korrodierenden Wirkung des Metallbrand-, ABC- und BCE-Pulvers bei den Proben aus Messing, Kupfer, verzinktem Blech und Al-Mg-Legierung entspricht in etwa dem Feuchtegehalt der Pulver während des Versuches. Die überhöhte Korrosionswirkung des Metallbrandpulvers rührt vermutlich nicht allein von der Pulverfeuchte her. Unter der Einwirkung des Wassers können sich auch andere Produkte bilden, die die Korrosion beschleunigen. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei den beiden Stahlproben. Wie den Bildern 51 und 57 zu entnehmen ist, stellt die Lackschicht bis zur 8. Woche gegenüber allen drei Pulvern einen wirksamen Korrosionsschutz dar. Danach wird die Probe in ähnlicher Weise korrodiert wie die ungeschützte Stahlprobe. Der Zinküberzug auf dem Blechstreifen schützt die Probe in der Anfangsphase gegenüber dem ABC- und BCE-Pulver (Bilder 52 und 53). Das Metallbrandpulver zerstört sehr schnell die Schutzschicht. Es ist daher auch hier kein großer Unterschied zur Stahlprobe festzustellen. Bei den Proben aus Nichteisenmetallen wird unter der Einwirkung der ABC- und BCE-Pulver früher eine korrosionshemmende Schicht auf der Oberfläche ausgebildet als beim Metallbrandpulver. Entsprechend niedriger ist deshalb auch bei Versuchsende der Korrosionsverlust.

6.4. Vergleich der Ergebnisse des Langzeitversuches, des Kurzzeitversuches mit wasserdampfgesättigter Luft und des Kurzzeitversuches mit kohlendioxidhaltiger Atmosphäre

In den Bildern 62-67 sind die Ergebnisse aus den drei Korrosionsversuchen gegenüber gestellt worden. Als maßgeben-

de Größe für die Korrosionserscheinungen wurde der Korrosionsverlust verwendet, Parameter sind die drei Trockenlöschpulver und die Prüfungsarten.

Bild 62 enthält die Werte für die Stahlprobe. Für alle drei Pulver ergeben sich ähnliche Kurvenverläufe trotz unterschiedlicher Versuchsbedingungen, Die größte Korrosionswirkung ging vom Metallbrandpulver aus, wobei die Bedingungen der Kurzzeitversuche den Korrosionsangriff am stärksten beschleunigten. Die kohlendioxidhaltige Atmosphäre scheint hingegen die Korrosionsgeschwindigkeit etwas zu vermindern. Die korrodierende Wirkung der Pulver ist unter Normalbedingungen wesentlich geringer. Bei den Bedingungen der beiden Kurzzeitversuche treten bereits in den ersten beiden Wochen merkliche Korrosionserscheinungen auf. Beim Langzeitversuch sind sie erst ab der 16. Woche zu beobachten.

Bei der lackierten Stahlprobe (Bild 63) sind die gleichen Erscheinungen zu beobachten, sobald die Lackschicht zerstört ist. Diese Schicht wird vom Metallbrandpulver am stärksten angegriffen. Unter den Bedingungen des Kurzzeitversuches mit wasserdampfgesättigter Luft setzt die Korrosion bereits nach 4 Wochen ein. Auch hier schwächt die kohlendioxidhaltige Atmosphäre den Angriff auf die Lackschicht. Wie auch bei der ungeschützten Stahlprobe zu erkennen ist, ist die Korrosionsgeschwindigkeit beim BCE-Pulver geringer. Sie nimmt auch im zweiten Versuchsabschnitt stärker ab als bei den anderen Pulvern. Dies läßt einerseits den Schluß zu, daß das BCE-Pulver die Ausbildung einer korrosionshemmenden Schicht an der Oberfläche begünstigt. Andererseits ist es auch möglich, daß die in [4] angegebene Zersetzungsreaktion bei Anwesenheit von Wasser nur in der Anfangsphase der Korrosion stattfindet. Unter den Normalbedingungen des Langzeitversuches wird aber die Lackschicht nicht zerstört, so daß hier auch keine Korrosionserscheinungen festzustellen waren.

Bild 64 zeigt den Korrosionsverlust der verzinkten Blechprobe bei den verschiedenen Versuchsbedingungen. Da das Grundmaterial der Probe, St III 23, dem der beiden vorgegangenen entspricht, sind ähnliche Verhältnisse vorzufinden. Die größte Korrosionswirkung ist beim Kurzzeitversuch mit wasserdampfgesättigter Luft festzustellen. Das Metallbrand- und das ABC-Pulver greifen die Probe am stärksten an. Die Schutzwirkung des Zinküberzuges ist bei diesen Pulvern geringer als beim BCE-Pulver. Der Korrosionsverlust bei Versuchsende liegt im allgemeinen niedriger als bei den beiden anderen Stahlproben. Die Ergebnisse des Langzeitversuches sind in diesem Bild nicht berücksichtigt worden, da die Werte im Vergleich zu den beiden anderen Versuchen zu gering sind.

Bei den Nichteisenmetallproben sind die Tendenzen nicht so ausgeprägt. So zeigt die Kupferprobe in der Anfangsphase bezüglich der Versuchsbedingungen ein anderes Verhalten als im zweiten Abschnitt der Korrosionsversuche (Bild 65). Unter den Bedingungen des Kurzzeitversuches mit wasserdampfgesättigter Luft greift das Metallbrandpulver die Probe stärker an als das ABC-Pulver. Beim Kurzzeitversuch mit kohlendioxidhaltiger Atmosphäre übt das ABC-Pulver in der Anfangsphase die größte Korrosionswirkung aus. Im weiteren Verlauf wird die Kupferprobe dann vom Metallbrandpulver unter den Bedingungen der dritten Versuchsreihe am stärksten korrodiert. Wie schon bei den Stahlproben festgestellt wurde, verlangsamt sich auch hier die Korrosionsgeschwindigkeit früher als bei den Versuchsbedingungen des Kurzzeitversuches mit wasserdampfgesättigter Luft. Ein Einfluß des Kohlendioxids in der Lageratmosphäre ist daher nicht auszuschließen. Der unter Normalbedingungen gemessene Korrosionsverlust ist im Vergleich zu den anderen Werten so gering, daß er hier nicht berücksichtigt wurde.

Die Messingprobe wird in ähnlicher Weise wie die Stahlproben korrodiert (Bild 66). Der Korrosionsverlust liegt aber wesentlich niedriger. Im allgemeinen ergab sich auch hier die größte Korrosionswirkung beim Kurzzeitversuch mit wasserdampfgesättigter Luft, wobei das Metallbrandpulver die Probe am stärksten angriff. In etwas abgeschwächter Form gilt dies auch für den Kurzzeitversuch mit kohlendioxidhaltiger Atmosphäre. Abweichend ist die große Korrosionswirkung des BCE-Pulvers bei den Bedingungen des Kurzzeitversuches mit wasserdampfgesättigter Luft. Es ist anzunehmen, daß Zersetzungsprodukte neben dem Wasser einen zusätzlichen Einfluß ausüben. Auch hier wurde der Korrosionsverlust unter den Bedingungen des Langzeitversuches nicht eingetragen, da er im Vergleich zu den anderen Werten zu gering war.

Die Probe aus der Al-Mg-Legierung (Bild 67) ähnelt in ihrem Verhalten der Kupferprobe. Auch sie wird abweichend von den Ergebnissen bei den anderen Metallproben vom Metallbrandpulver bei Anwesenheit von Kohlendioxid in der Lageratmosphäre am stärksten korrodiert. Auch das ABC-Pulver greift die Probe in den ersten Wochen unter diesen Bedingungen stärker an als dies beim Kurzzeitversuch ohne Kohlendioxid der Fall war. Charakteristisch ist wiederum, daß sich die Korrosionsgeschwindigkeit beim Kurzzeitversuch mit kohlendioxidhaltiger Atmosphäre früher verlangsamt als bei dem Kurzzeitversuch mit wasserdampfgesättigter Luft. Beim Langzeitversuch wurden an dieser Probe keine wesentlichen Korrosionserscheinungen festgestellt.

Zusammenfassend kann aufgrund der vorliegenden Ergebnisse gefolgert werden, daß bei Normalbedingungen - 20 °C Raumtemperatur und ca. 50 % relative Luftfeuchtigkeit - in den ersten 12 Wochen keine Korrosionserscheinungen an den hier

untersuchten Metallen auftreten. Werden insbesondere Stahl, Messing und Kupfer über einen längeren Zeitraum Metallbrand- und ABC-Pulvern ausgesetzt, so treten beim Stahl Rostflecken auf. Auf Kupfer bildet sich eine Patinaschicht, Messing verfärbt sich schwarz. Dienen diese Metalle als Kontakte für Stromübertragungen, sind Beeinträchtigungen nicht auszuschließen. Zinküberzüge werden leicht angegriffen, die Oberfläche wird matt. Eine Lackierung gefährdeter Metalle stellt einen wirksamen Schutz dar. Die Korrosionswirkung des BCE-Pulvers ist bedeutend geringer. Korrosionserscheinung wie Rostflecken, Patinabildung und schwarze Verfärbung wurden an Stahl, Kupfer und Messing in abgeschwächter Form beobachtet.

Unter den verschärften Angriffsbedingungen hoher Luftfeuchtigkeit werden alle Metalle außer dem Edelstahl in verstärktem Maße angegriffen. Die Pulver nehmen größere Feuchtegehalte an, wodurch bekanntlich die Korrosion beschleunigt wird. Da die Abstufung der Korrosionswirkung der Pulver nicht in gleichem Maße vorhanden ist, wie sie dem Feuchtegehalt entspreche, ist nicht auszuschließen, daß Zersetzungsprodukte, die bei Anwesenheit von Wasser von den Pulvern abgespalten werden können, die Korrosion beschleunigen. Eine Lackierung der Metalle bietet je nach Versuchsbedingungen 4 bis 8 Wochen einen wirksamen Schutz. Die hier erhaltenen Ergebnisse dürften jedoch nur bedingt auf die Praxis übertragbar sein, da Metalle Löschpulver mit hoher Feuchte nur in Ausnahmefällen über eine Zeit von mehreren Wochen ausgesetzt sind. Dies trifft im wesentlichen auch für die Ergebnisse aus dem Kurzzeitversuch mit kohlendioxidhaltiger Atmosphäre zu. Von den Ausnahmen beim Kupfer und bei der Al-Mg-Legierung abgesehen, werden die Proben etwas schwächer angegriffen. Da auch die Korrosionsgeschwindigkeit sich früher verlangsamt als beim Kurzzeitversuch mit wasserdampfgesättigter Luft, ist ein Einfluß des Kohlendioxids nicht auszuschließen. Eine kohlendioxidhaltige Atmosphäre scheint die Ausbildung einer korrosionshemmenden

Schicht zu fördern. Als einen weiteren Beweis für den Einfluß des Kohlendioxids auf die Korrosionswirkung ist das Verhalten der Kupferprobe und der Probe aus der Al-Mg-Legierung zu betrachten. Diese Nichteisenmetalle werden vom Metallbrandpulver bei Anwesenheit von Kohlendioxid sehr stark korrodiert.

Alle drei Prüfungsarten ergaben jedoch, daß primär der Feuchtegehalt der Pulver die korrodierende Wirkung der hier eingesetzten Trockenlöschpulver bestimmt.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Über die korrodierende Wirkung von Trockenlöschpulvern ist wenig bekannt. Aufgrund ihrer Zusammensetzung können die Pulver bei Anwesenheit von Feuchtigkeit und bei längerer Einwirkungszeit Korrosionserscheinungen verursachen. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde untersucht, welche Korrosionswirkungen ABC-, BCE- und Metallbrandpulver an Metallen, Metallegierungen und Anstrichen auf Metallteilen unter verschiedenen Angriffsbedingungen hervorrufen. Aus den im Maschinenbau verwendeten Materialien wurden folgende sieben Probestücke ausgewählt: Unlegierter Kohlenstoffstahl St 37, Edelstahl X5CrNi 189, B-Kupfer, Messing Ms 58, Aluminium-Magnesium-Legierung AlMgSi0,5, verzinktes Blech St III 23 und eine mit Kunstharzlack versehene Stahlprobe St 37. Die Proben wurden in einem Langzeitversuch bei Raumbedingungen, einem Kurzzeitversuch bei 100 % relativer Luftfeuchtigkeit und einem Kurzzeitversuch mit kohlendioxidhaltiger Atmosphäre mit ebenfalls 100 % relativer Feuchte der korrodierenden Wirkung der drei Trockenlöschpulverarten ausgesetzt.

In verschiedenen Zeitabständen wurden die Proben aus dem Pulver genommen und die Korrosionserscheinungen photographisch festgehalten. Die Gewichtsveränderungen wurden mit einer Analysenwaage mit einer Genauigkeit von 0,1 mg bestimmt. Aus dem Gewichtsverlust und der Probenoberfläche

wurden der Korrosionsverlust und die Korrosionsgeschwindigkeit berechnet.

Beim Langzeitversuch wurde festgestellt, daß bei Raumbedingungen - 20 °C Raumtemperatur und ca. 50 % relativer Luftfeuchtigkeit - in den ersten 12 Wochen keine Korrosionserscheinungen an den hier untersuchten Metallproben auftreten. Eine Lackierung gefährdeter Metalle stellt auch über einen längeren Zeitraum von mehr als 96 Wochen einen wirksamen Korrosionsschutz dar. Zinküberzüge hingegen werden leicht angegriffen, die Oberfläche wird matt.

Unter den verschärften Angriffsbedingungen hoher Luftfeuchtigkeit werden alle Metalle außer Edelstahl stark korrodiert. Die Pulver nehmen bei diesen Bedingungen größere Feuchtegehalte an, wodurch bekanntlich die Korrosion beschleunigt wird. Das Metallbrandpulver und das ABC-Pulver zeigen die größte Korrosionswirkung. Den Ergebnissen ist weiterhin zu entnehmen, daß neben der Feuchte Zersetzungsprodukte, die bei der Reaktion der Pulver mit dem Wasser entstehen, auch die Korrosion beschleunigen. Eine Lackierung der Metalle bietet je nach Pulverart 4 bis 8 Wochen einen wirksamen Korrosionsschutz. Zinküberzüge bilden keinen ausreichenden Schutz.

Beim Kurzzeitversuch mit kohlendioxidhaltiger Atmosphäre wurden ähnliche Ergebnisse erhalten. Von den Ausnahmen Kupfer und Al-Mg-Legierung abgesehen wurden die Proben allerdings etwas weniger stark korrodiert. Auch die Korrosionsgeschwindigkeit verlangsamt sich früher als beim Kurzzeitversuch mit wasserdampfgesättigter Luft. Die kohlendioxidhaltige Atmosphäre scheint die Ausbildung einer korrosionshemmenden Schicht auf der Oberfläche der Proben zu fördern. Als einen weiteren Beweis für den Einfluß des Kohlendioxids auf die Korrosionswirkung der Trocken-

Löschpulver ist der große Korrosionsverlust der Proben aus Kupfer und der Al-Mg-Legierung unter der Einwirkung des Metallbrandpulvers zu betrachten.

Die aus den beiden Kurzzeitversuchen erhaltenen Ergebnisse dürften jedoch nur bedingt auf die Praxis übertragbar sein, da Metalle den Trockenlöschpulvern nur in Ausnahmefällen über einen Zeitraum von mehreren Wochen solchen verschärften Bedingungen ausgesetzt sind. Alle drei Prüfungsarten ergaben jedoch, daß primär der Feuchtegehalt der Pulver die korrodierende Wirkung der hier eingesetzten Trockenlöschpulver bestimmt.

8. LITERATURVERZEICHNIS

- [1] DIN 50 900. Korrosion der Metalle. Begriffe.
November 1960.
- [2] Evans, U. R.: Einführung in die Korrosion der Metalle.
Weinheim/Bergstr.: Verlag Chemie, 1965.
- [3] Handbook of Fire Protection. 11. Auflage. Chapter 19:
Metals.
Boston: NFPA, 1954.
- [4] Wilke, K.: Löschmittel und Korrosionsschäden.
VFDB-Zeitschrift 17 (1968), Nr. 1 u. 2,
S. 28-37.
- [5] DIN 50 901. Korrosion der Metalle. Korrosionsgrößen
bei ebenmäßigem Angriff (Begriffe, For-
melzeichen, Einheiten).
August 1957.
- [6] DIN 50 905 Prüfung metallischer Werkstoffe. Korro-
sionsversuche.
November 1952.



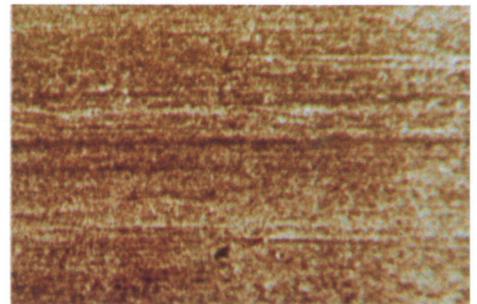
Kupfer



Messing



Al-Mg-Legierung



Edelstahl



Stahl



verzinktes Blech



lackierter Stahl

*Elektroden für
Feuchtemessung*

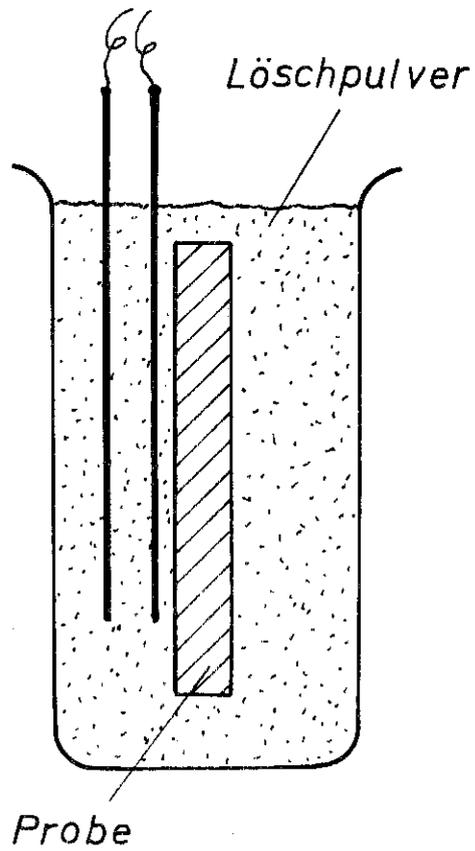


Bild 2. Versuchsaufbau des
Langzeitversuches

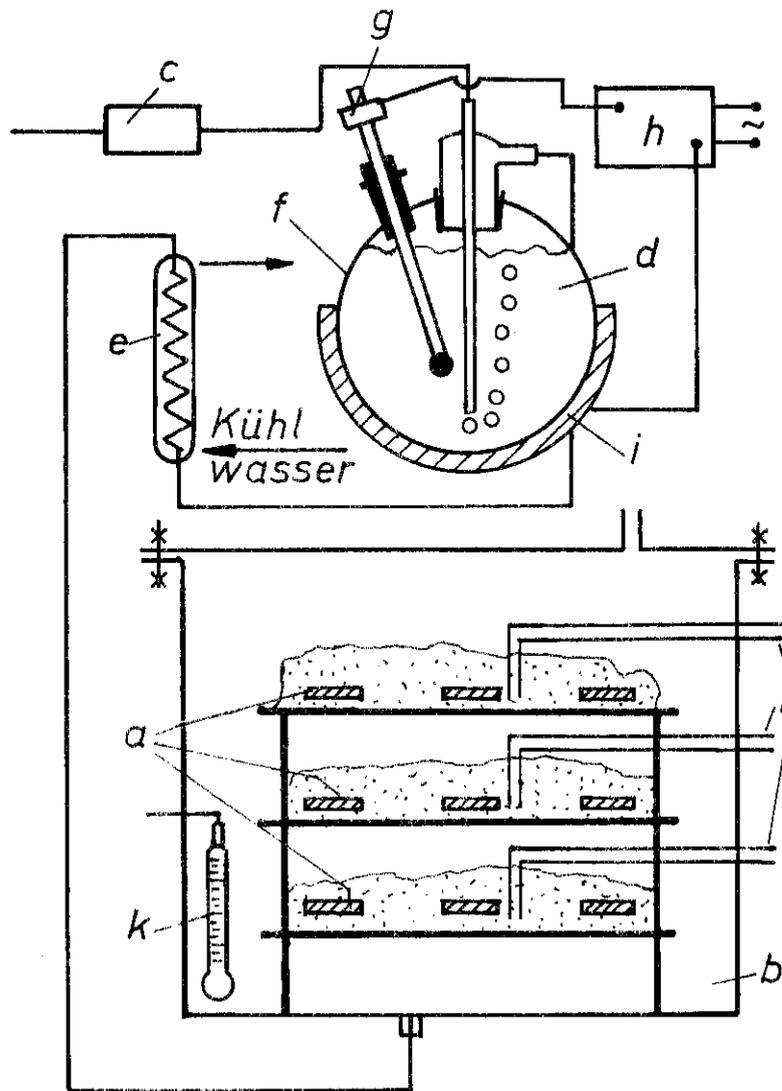


Bild 3. Schematische Skizze des Versuchsaufbaus des kurzzeitversuches mit wasserdampfgesättigter Luft
a Proben, b Kasten, c Pumpe, d Wasserbad, e Kühler
f Glaskolben, g Kontaktthermometer, h Relais,
i Heizung, k Quecksilberthermometer, l Elektroden

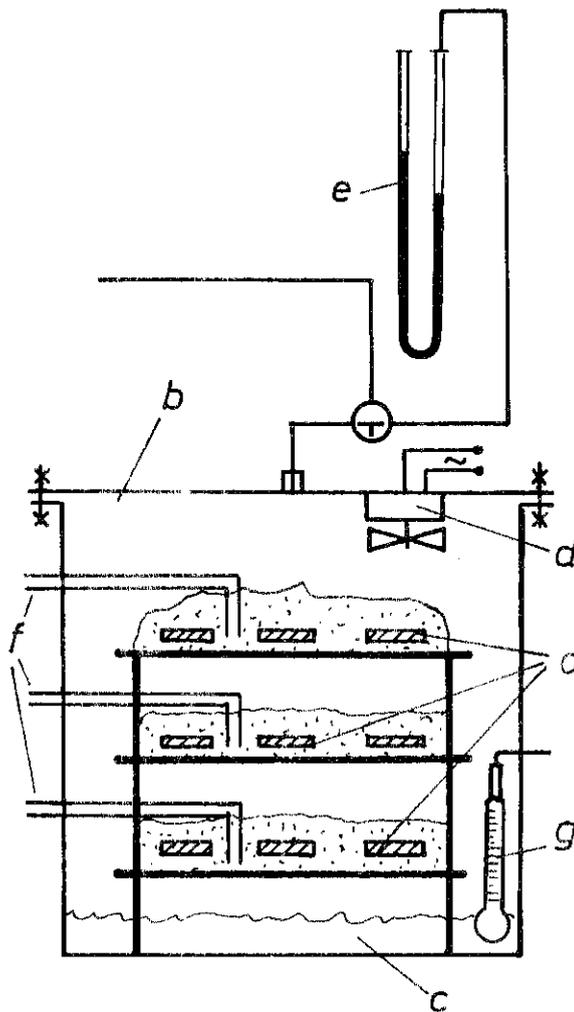


Bild 4. Schematische Skizze des Versuchsaufbaus des Kurzzeitversuches mit kohlendioxidhaltiger Atmosphäre
a Proben, b Kasten, c Wasser, d Ventilator, e U-Rohrmanometer, f Elektroden, g Quecksilberthermometer

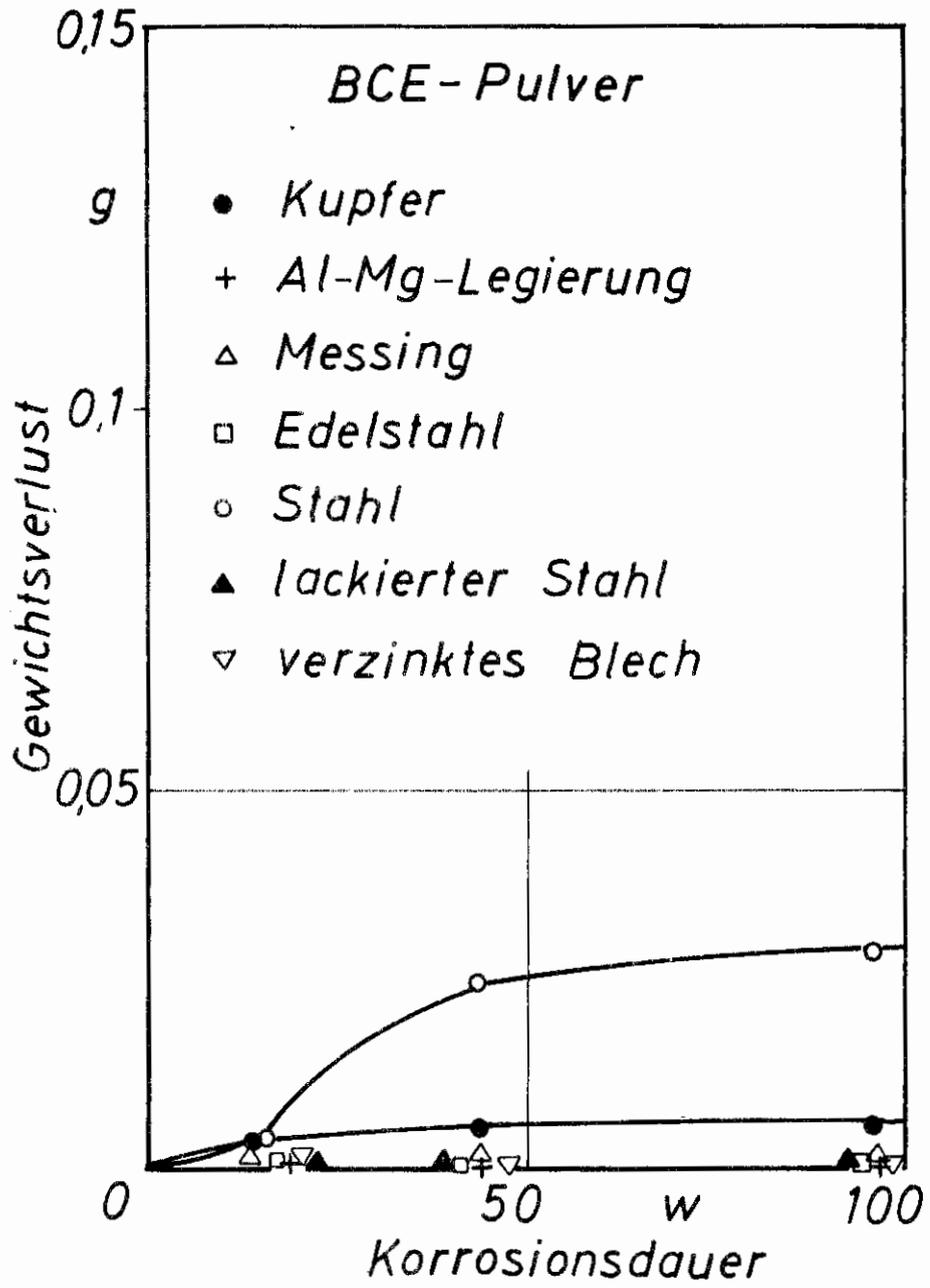


Bild 5. Gewichtsverlust der Proben unter der Einwirkung von BCE-Pulver

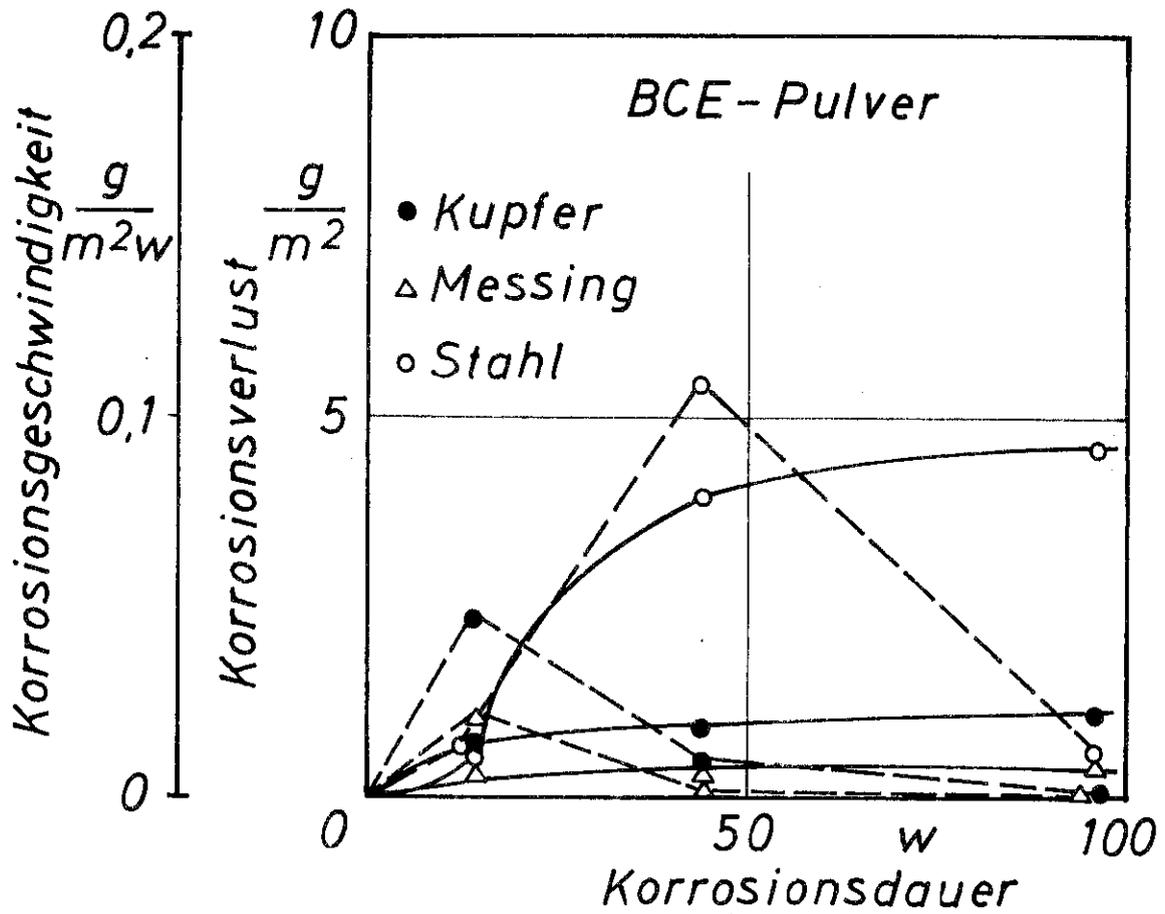


Bild 6. Korrosionsverlust und -geschwindigkeit der Proben unter der Einwirkung von BCE-Pulver
— Korrosionsverlust, --- Korrosionsgeschwindigkeit

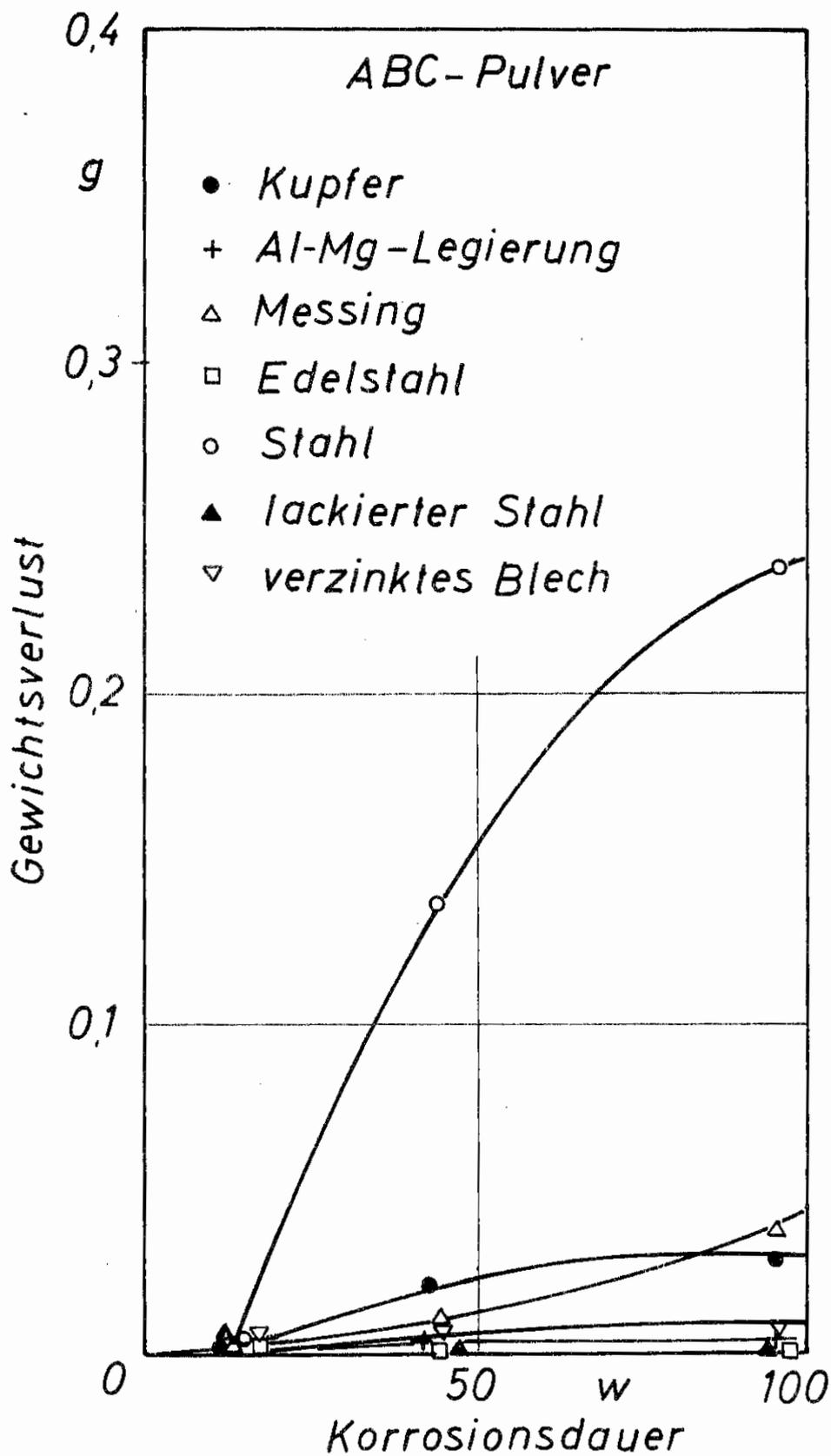


Bild 7. Gewichtsverlust der Proben bei der Einwirkung von ABC-Pulver

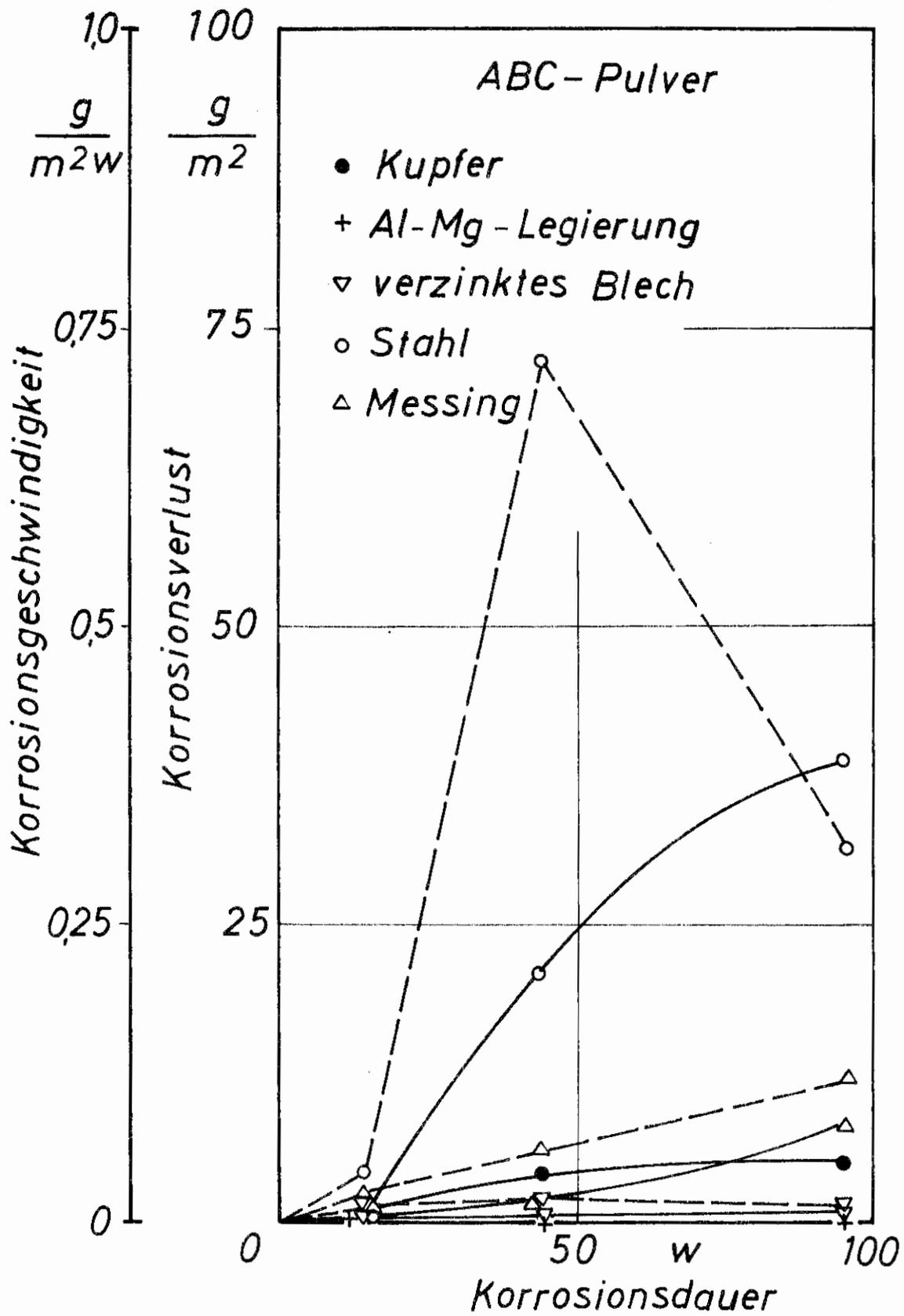


Bild 8. Korrosionsverlust und -geschwindigkeit der Proben unter der Einwirkung des ABC-Pulvers
— Korrosionsverlust, --- Korrosionsgeschwindigkeit

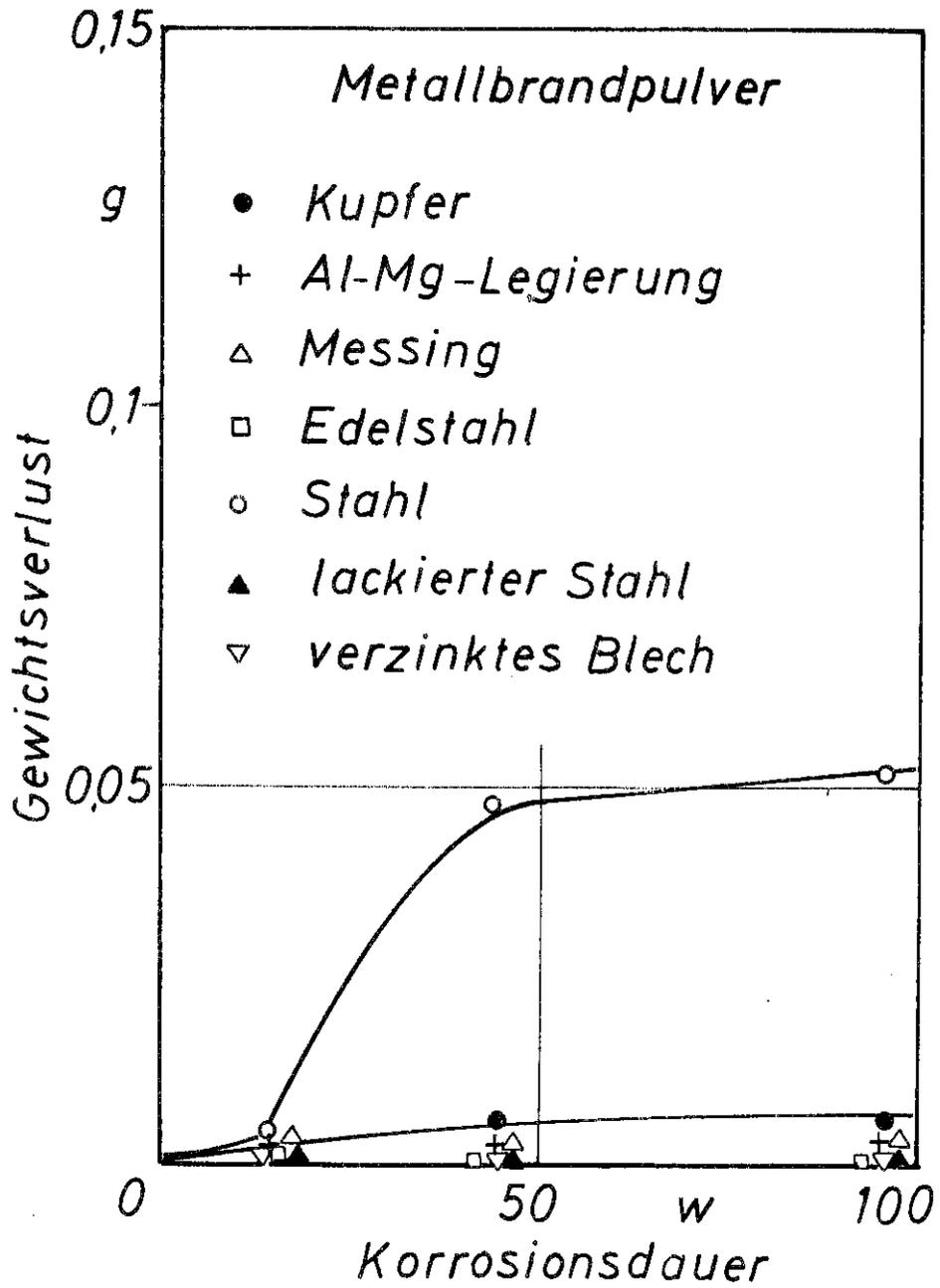


Bild 9. Gewichtsverlust der Proben unter der Einwirkung des Metallbrandpulvers

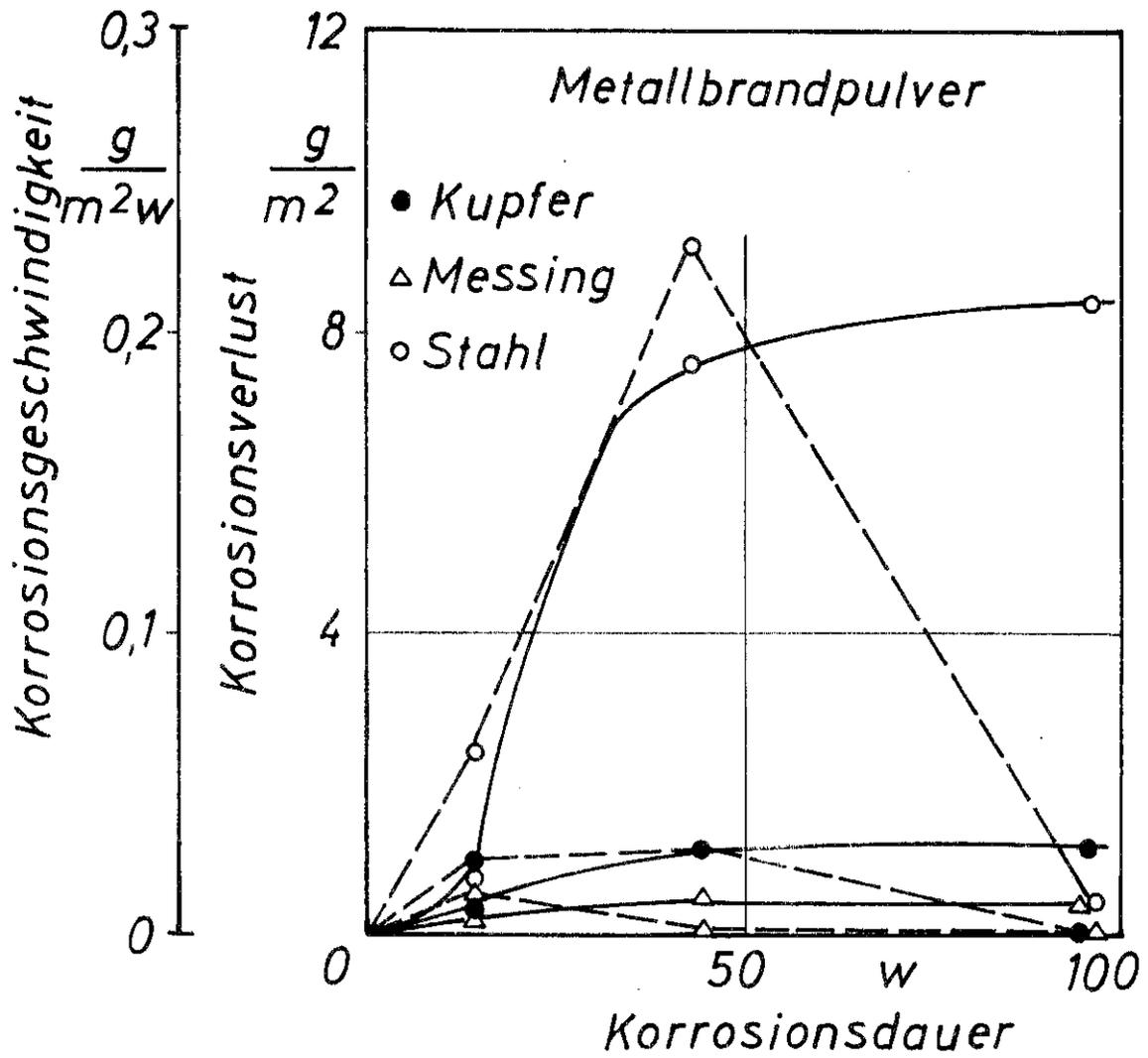


Bild 10. Korrosionsverlust und -geschwindigkeit der Proben unter der Einwirkung des Metallbrandpulvers
— Korrosionsverlust, --- Korrosionsgeschwindigkeit

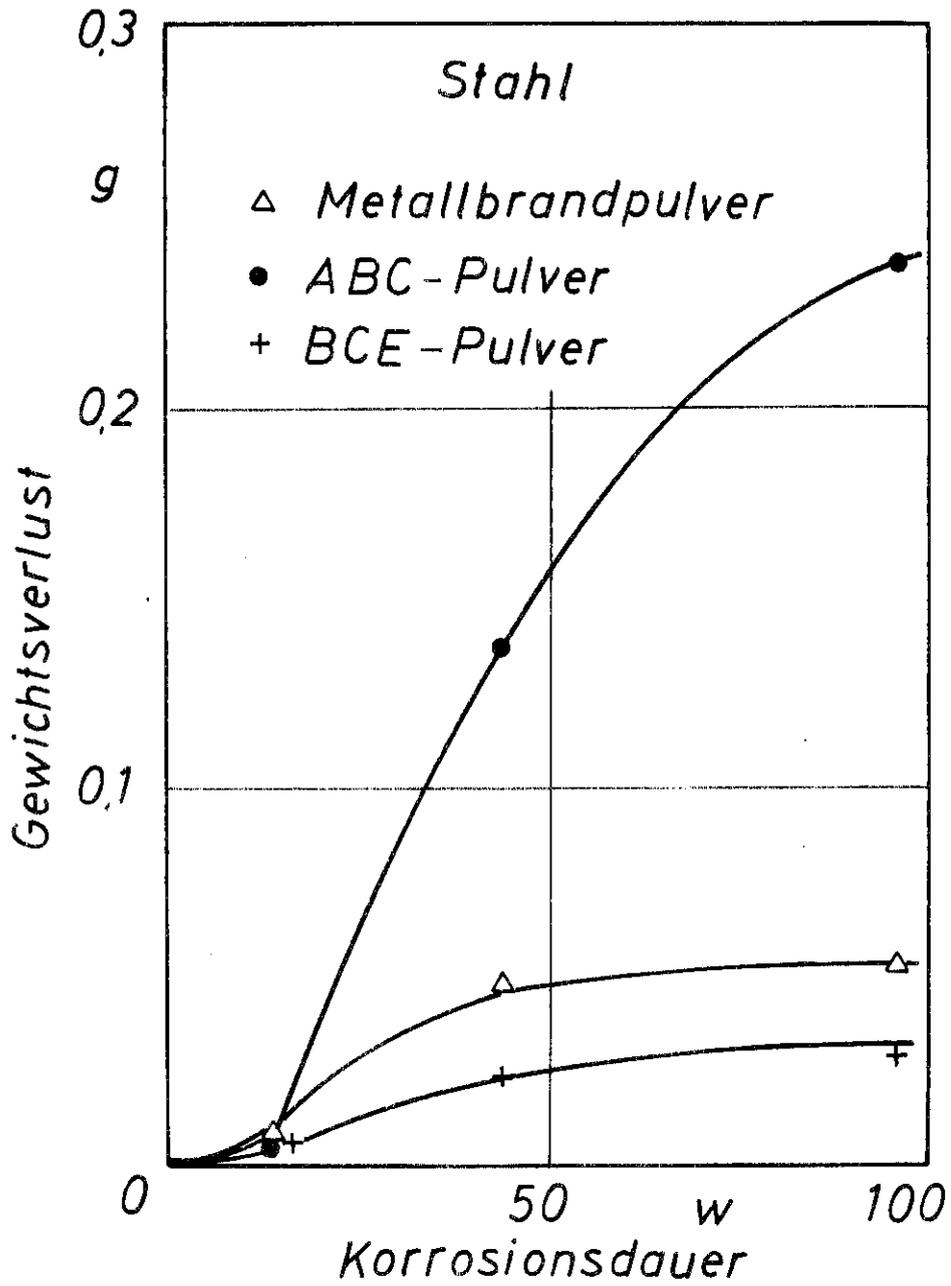


Bild 11. Gewichtsverlust der Stahlprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver

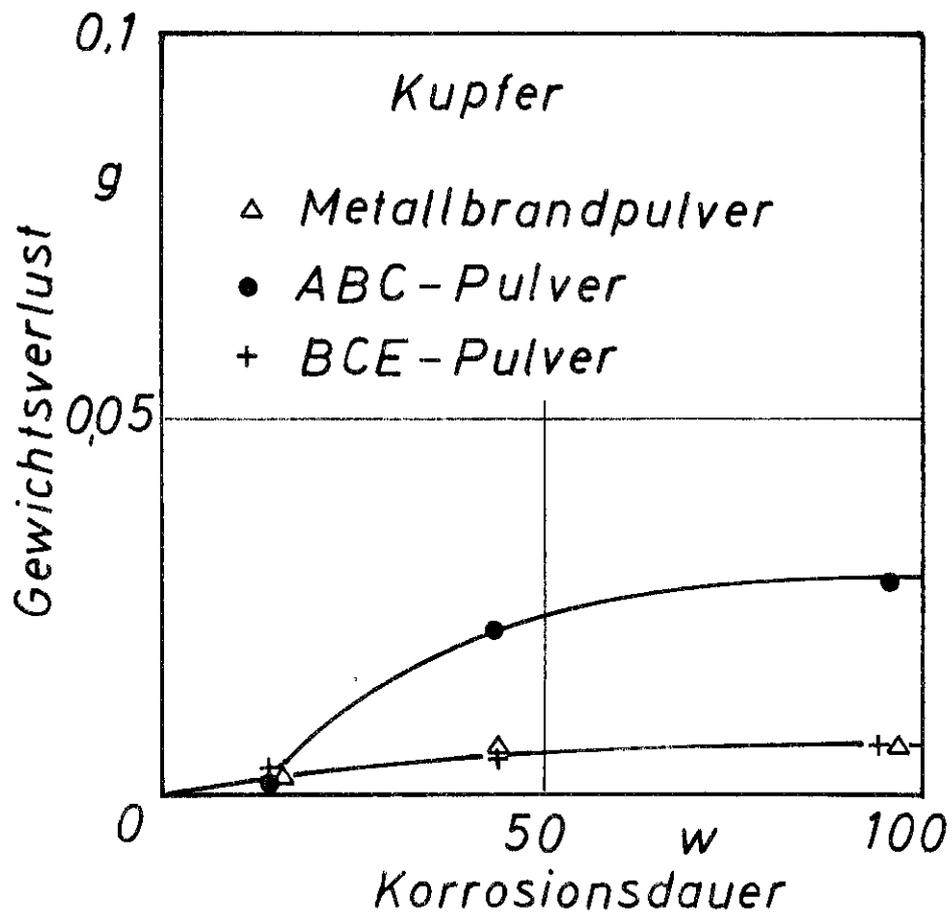


Bild 12. Gewichtsverlust der kupferprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver

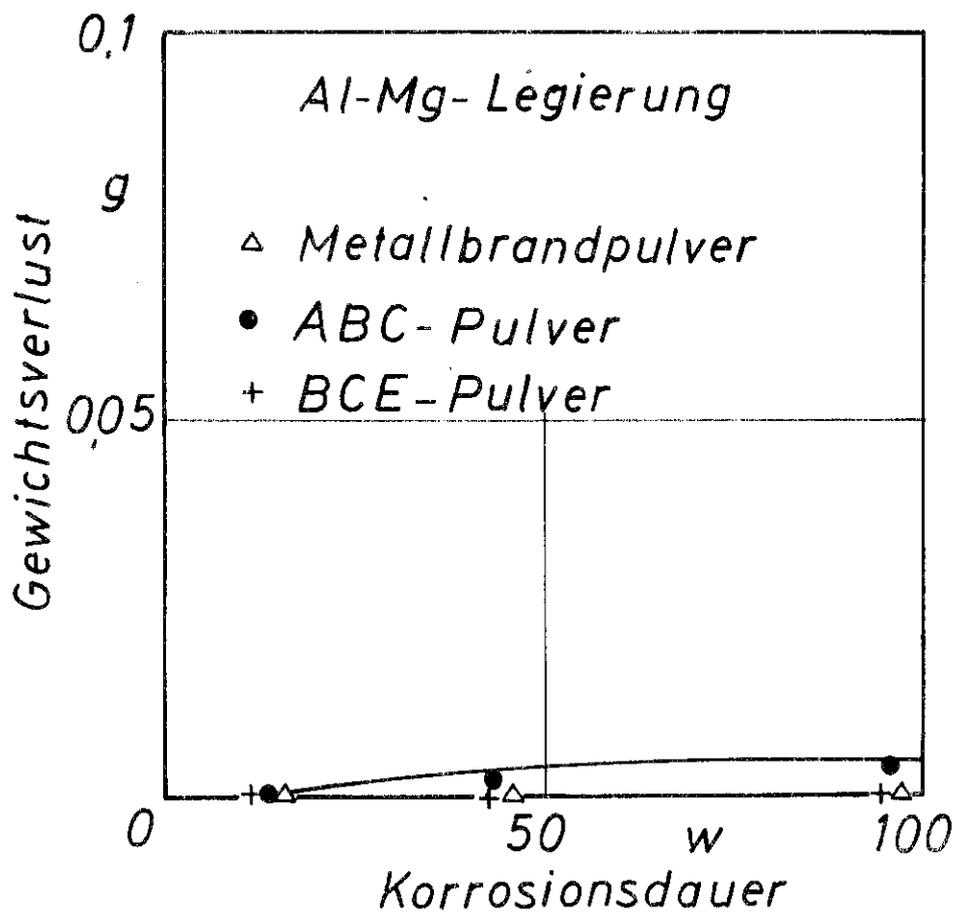


Bild 13. Gewichtsverlust der Probe aus der Al-Mg-Legierung unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver

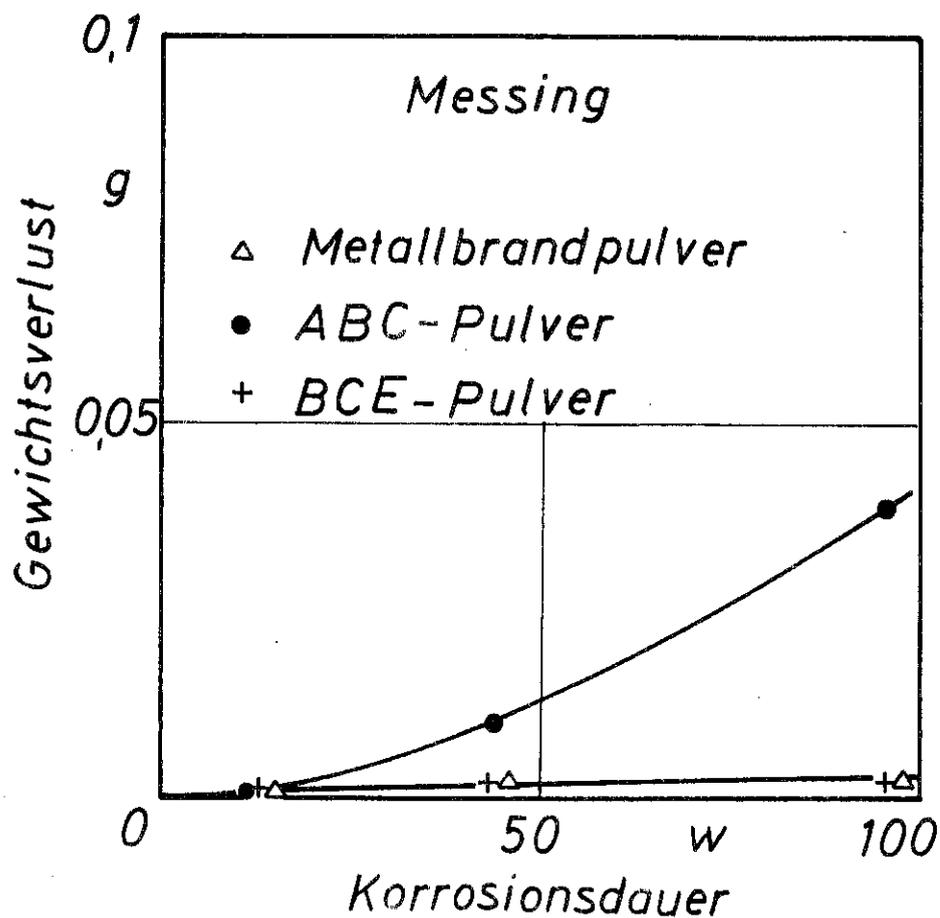


Bild 14. Gewichtsverlust der Messingprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver

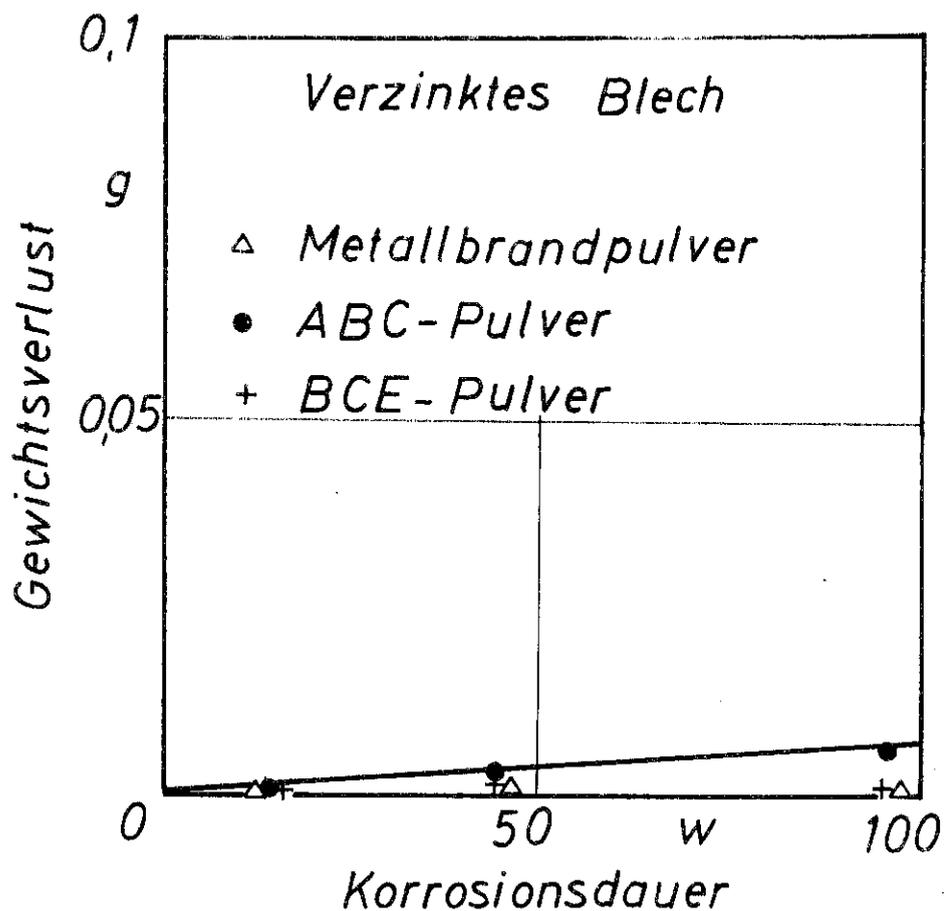


Bild 15. Gewichtsverlust der Probe aus verzinktem Blech unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver

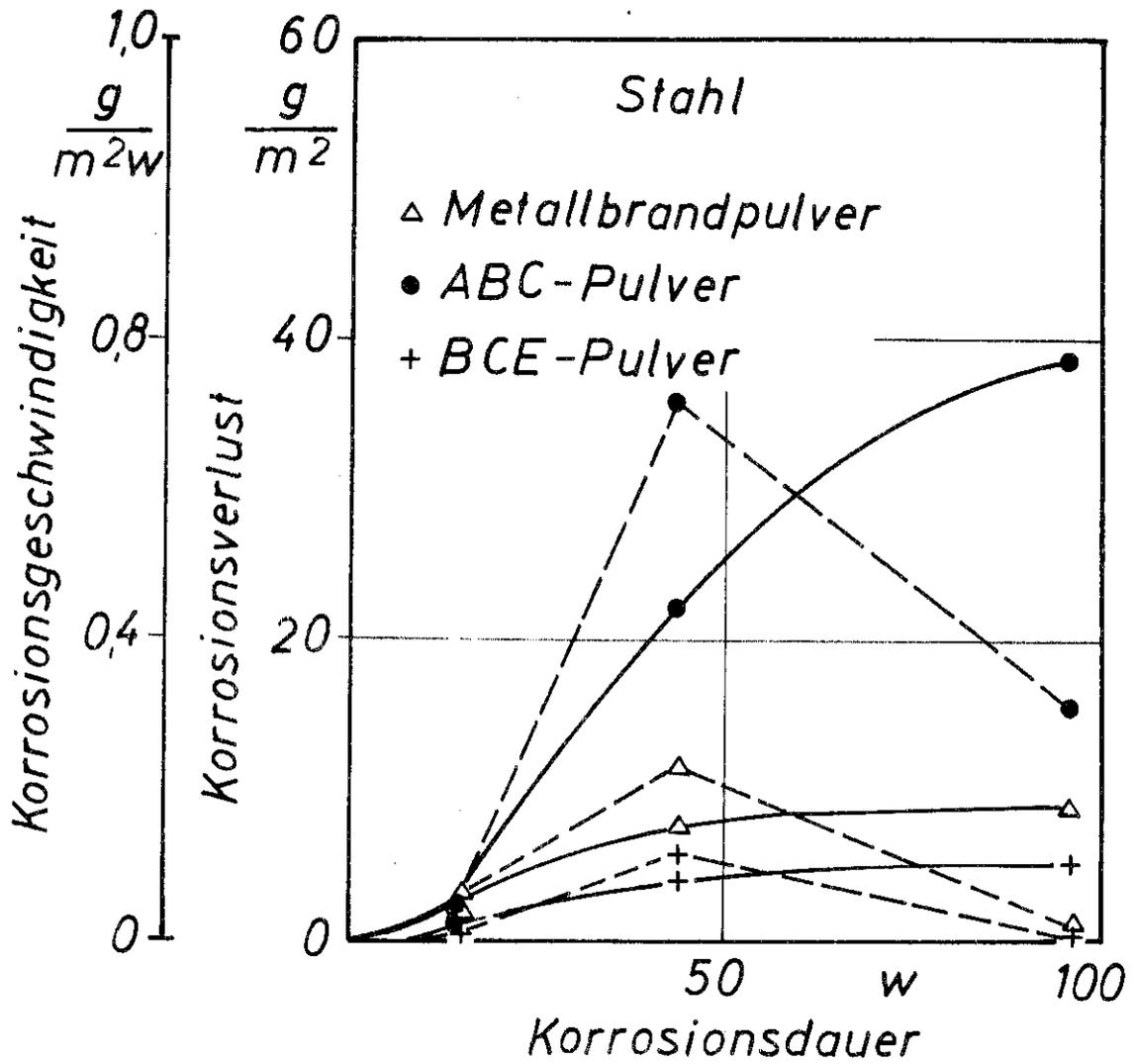


Bild 16. Korrosionsverlust und -geschwindigkeit der Stahlprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver
— Korrosionsverlust, --- Korrosionsgeschwindigkeit

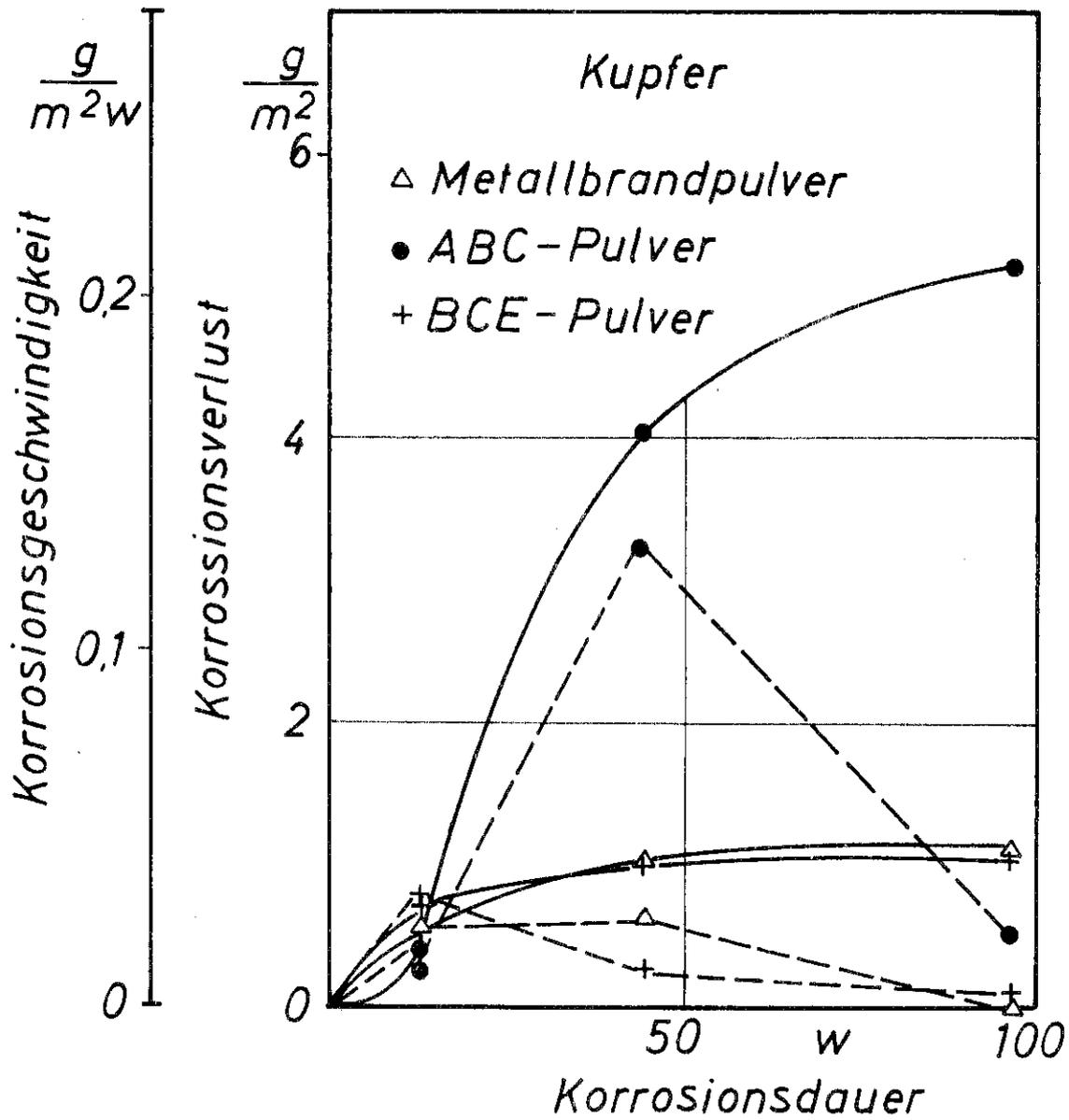


Bild 17. Korrosionsverlust und -geschwindigkeit der Kupferprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver

— Korrosionsverlust, --- Korrosionsgeschwindigkeit

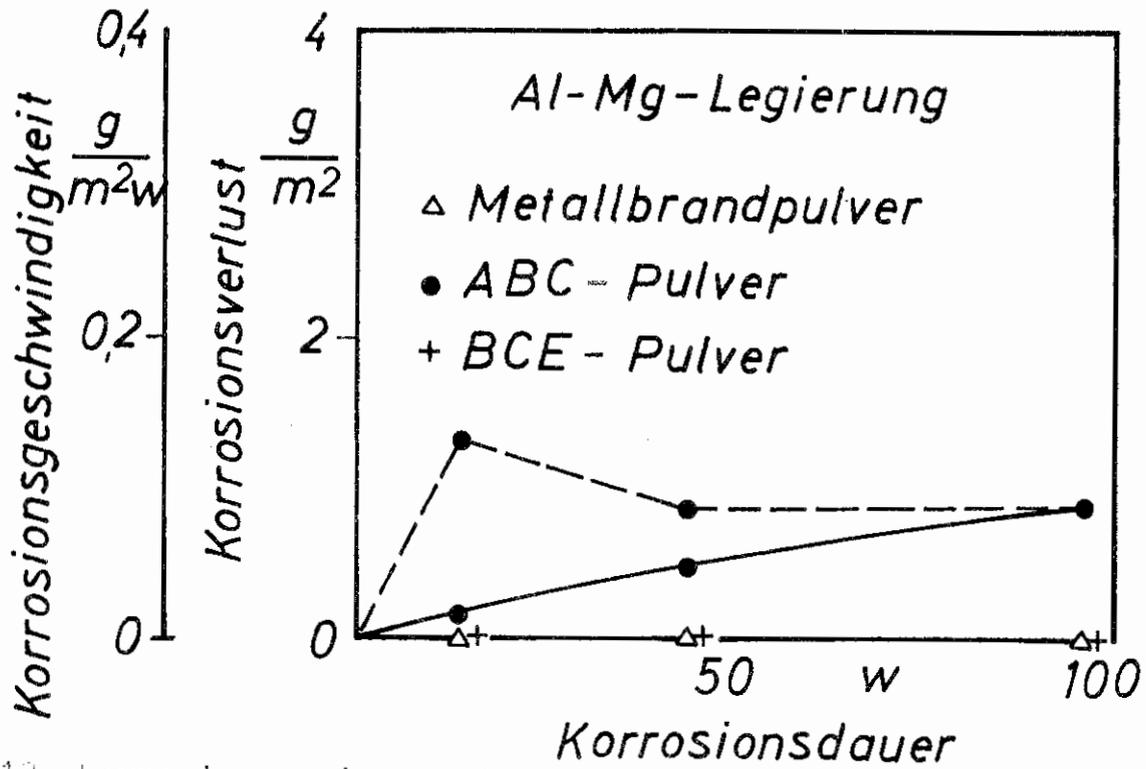


Bild 18. Korrosionsverlust und -geschwindigkeit der Probe aus der Al-Mg-Legierung unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver
— Korrosionsverlust, --- Korrosionsgeschwindigkeit

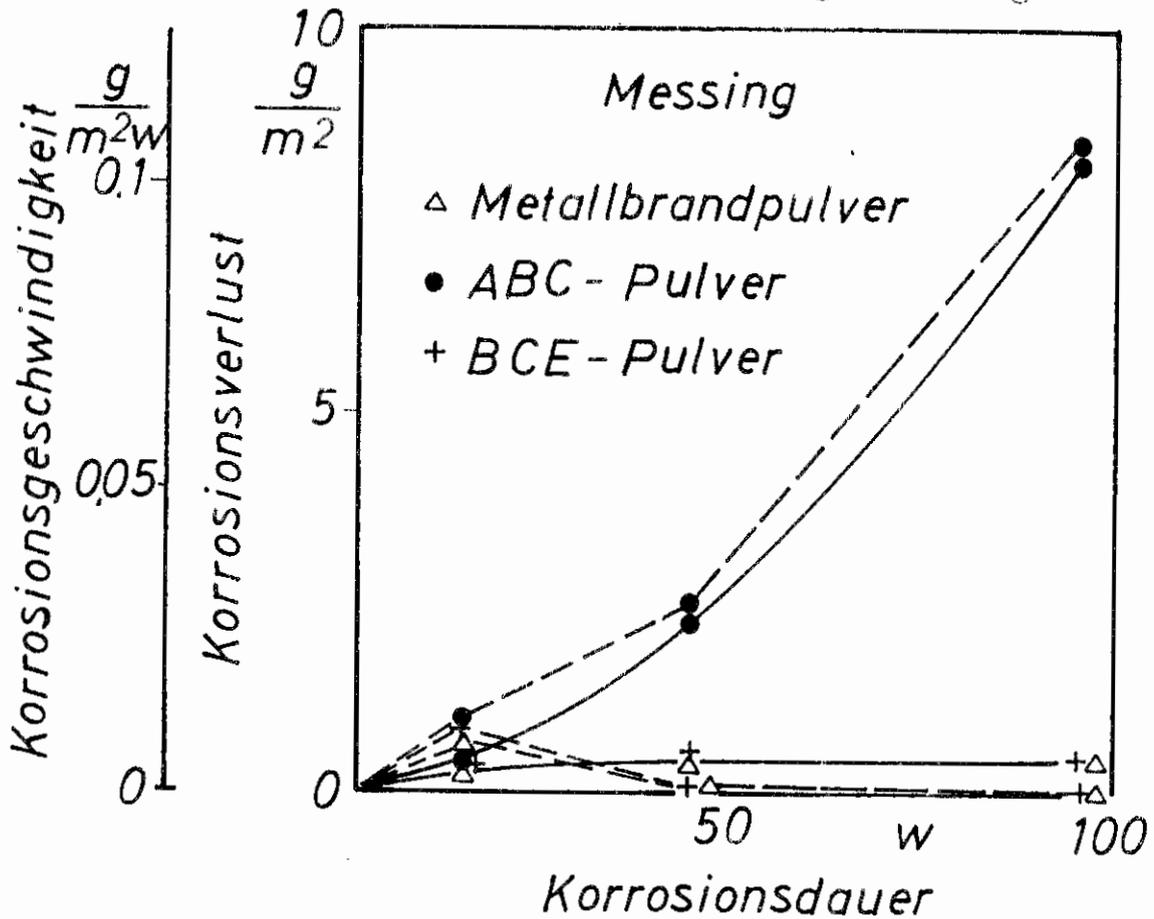


Bild 19. Korrosionsverlust und -geschwindigkeit der Messingprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver
— Korrosionsverlust, --- Korrosionsgeschwindigkeit

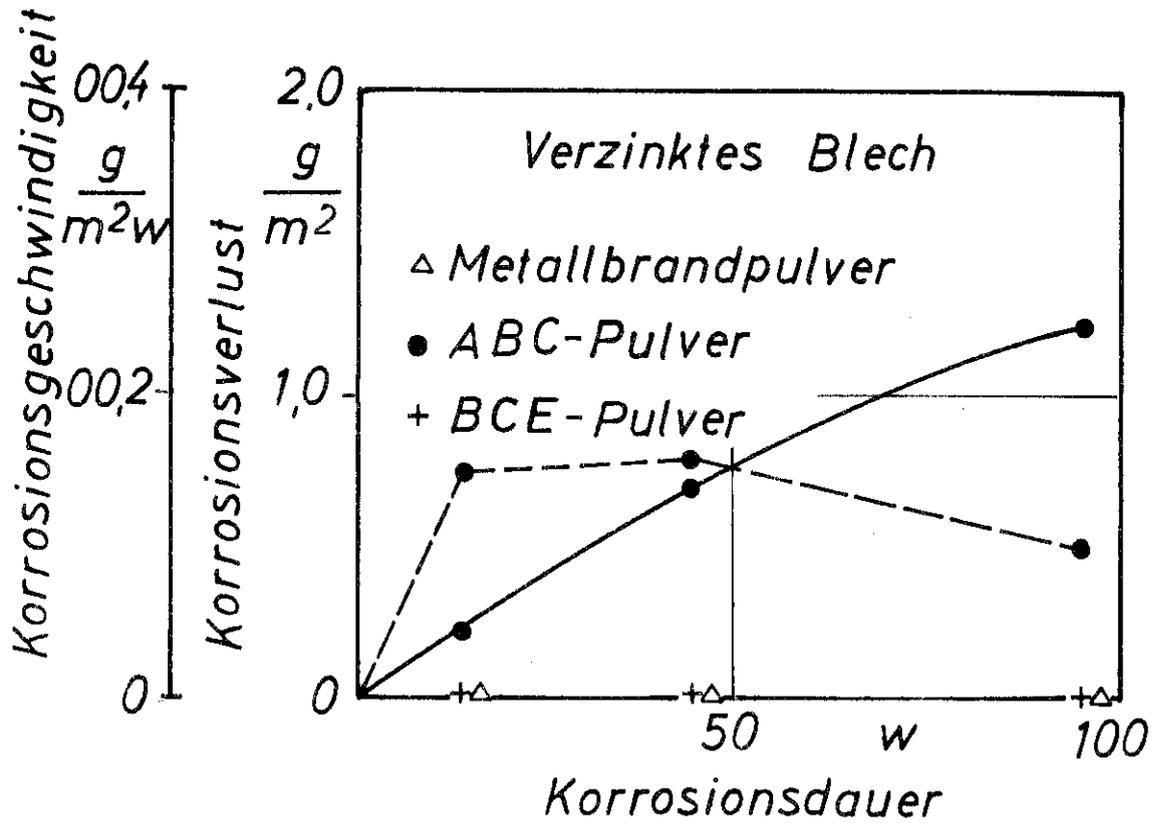


Bild 20. Korrosionsverlust und -geschwindigkeit der Probe aus verzinktem Blech unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver
— Korrosionsverlust, --- Korrosionsgeschwindigkeit

BCE—Pulver



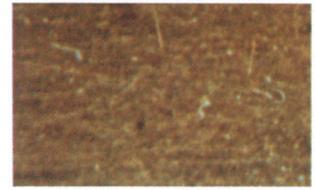
ABC—Pulver



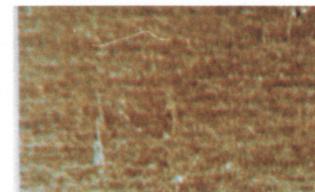
Metallbrandpulver



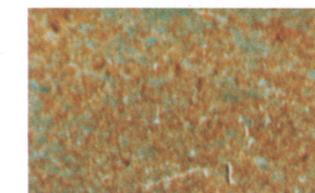
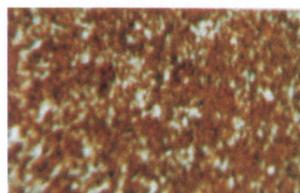
Kupfer



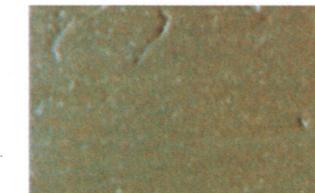
Messing



Al—Mg—Legierung



Stahl



lackierter Stahl



verzinktes Blech

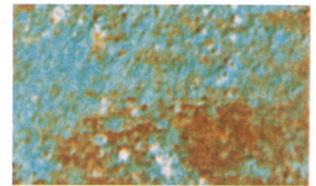
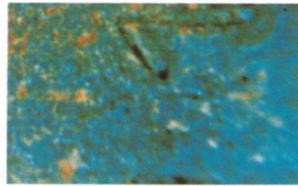
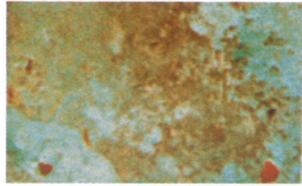


Edelstahl

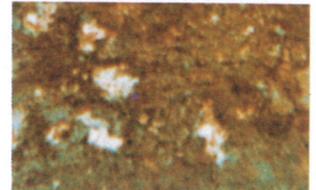
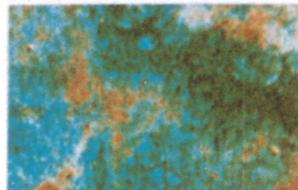
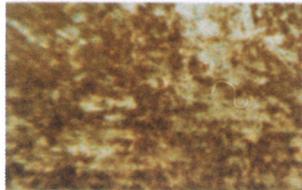
BCE–Pulver

ABC–Pulver

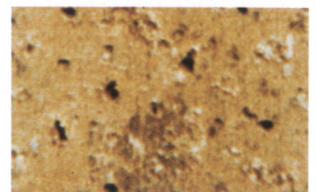
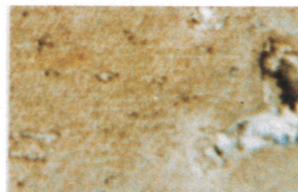
Metallbrandpulver



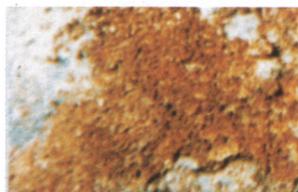
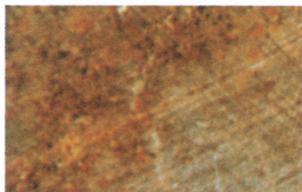
Kupfer



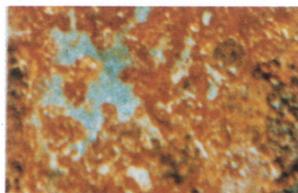
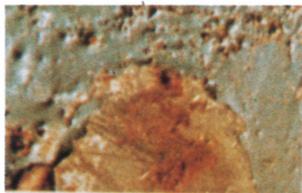
Messing



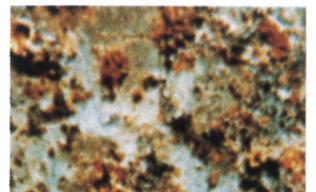
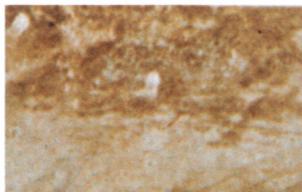
Al–Mg–Legierung



Stahl



lackierter Stahl



verzinktes Blech



Edelstahl

Bild 22

Probenoberfläche nach Ende des Kurzzeitversuchs mit wasserdampfgesättigter Luft

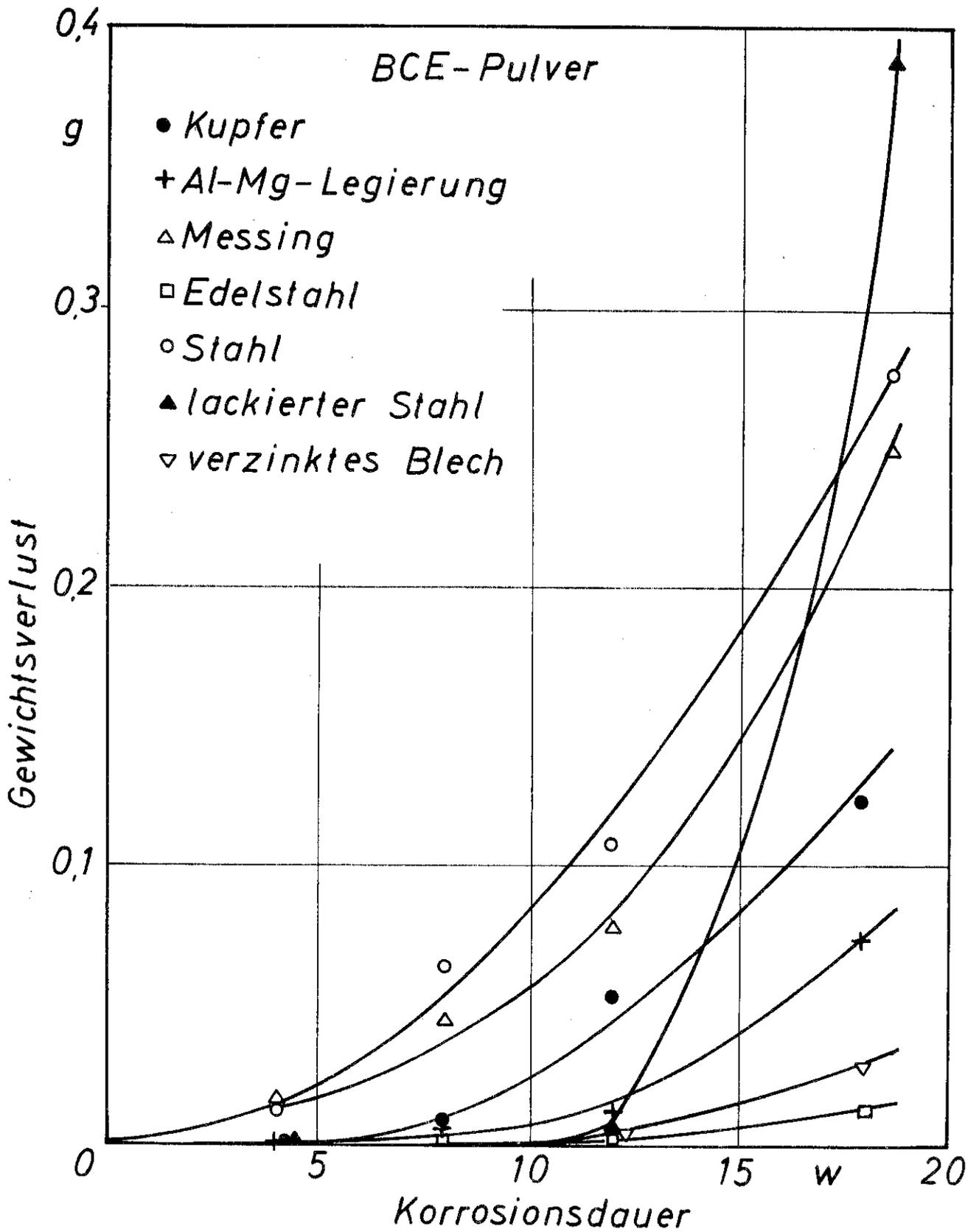


Bild 23. Gewichtsverlust der Proben unter der Einwirkung des BCE-Pulvers

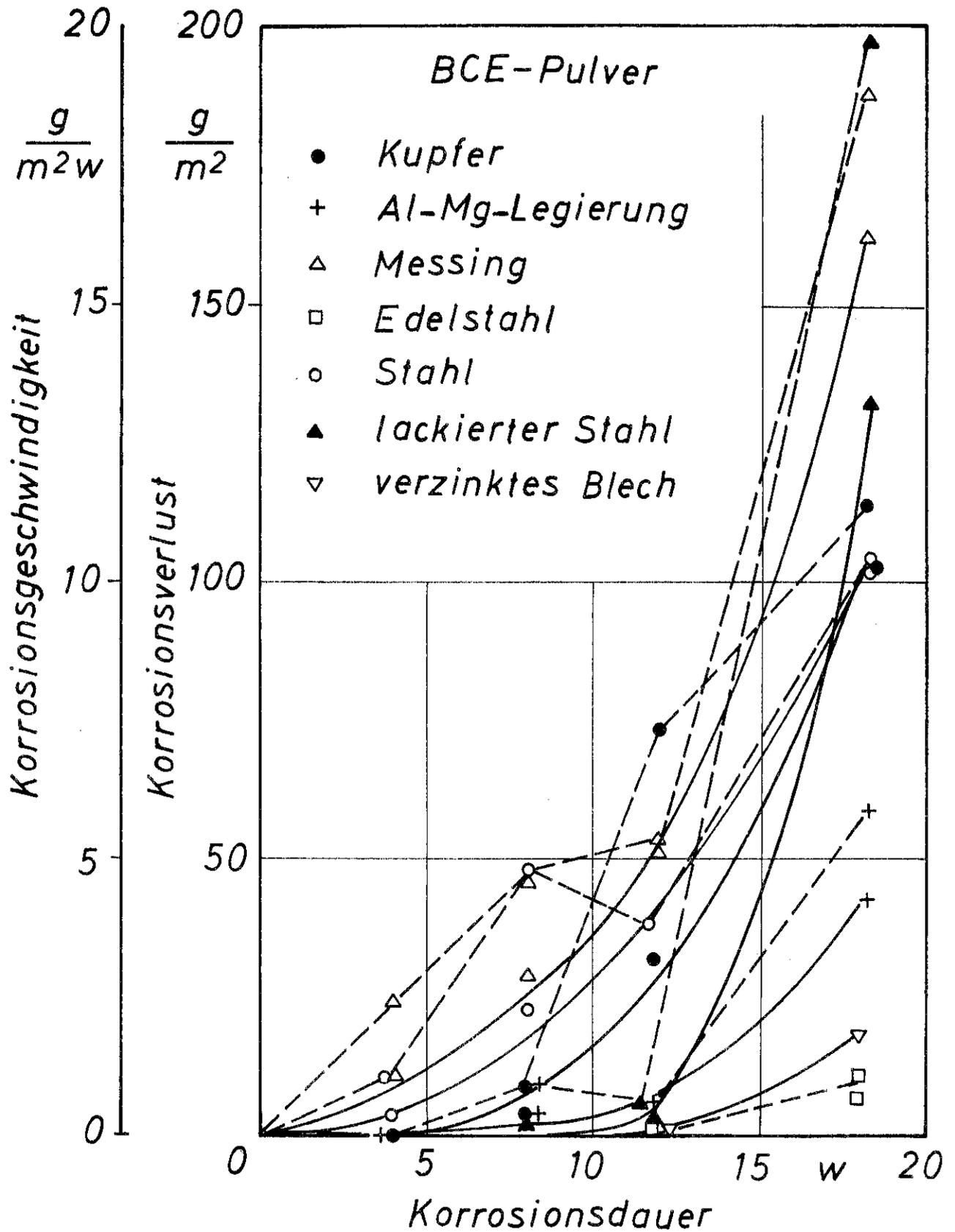


Bild 24. Korrosionsverlust und -geschwindigkeit der Proben unter der Einwirkung des BCE-Pulvers
— Korrosionsverlust, --- Korrosionsgeschwindigkeit

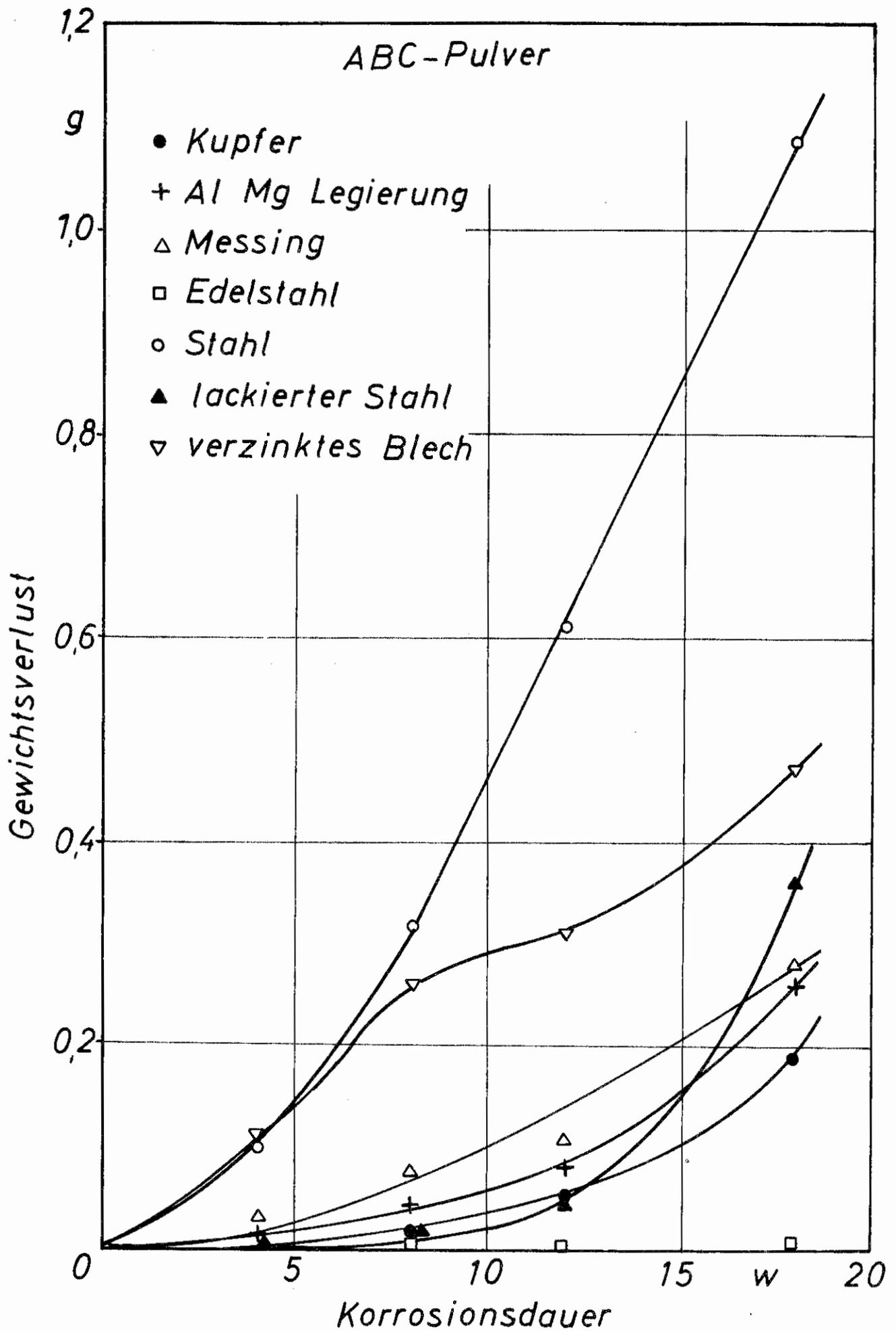


Bild 25. Gewichtsverlust der Proben unter der Einwirkung des ABC-Pulvers

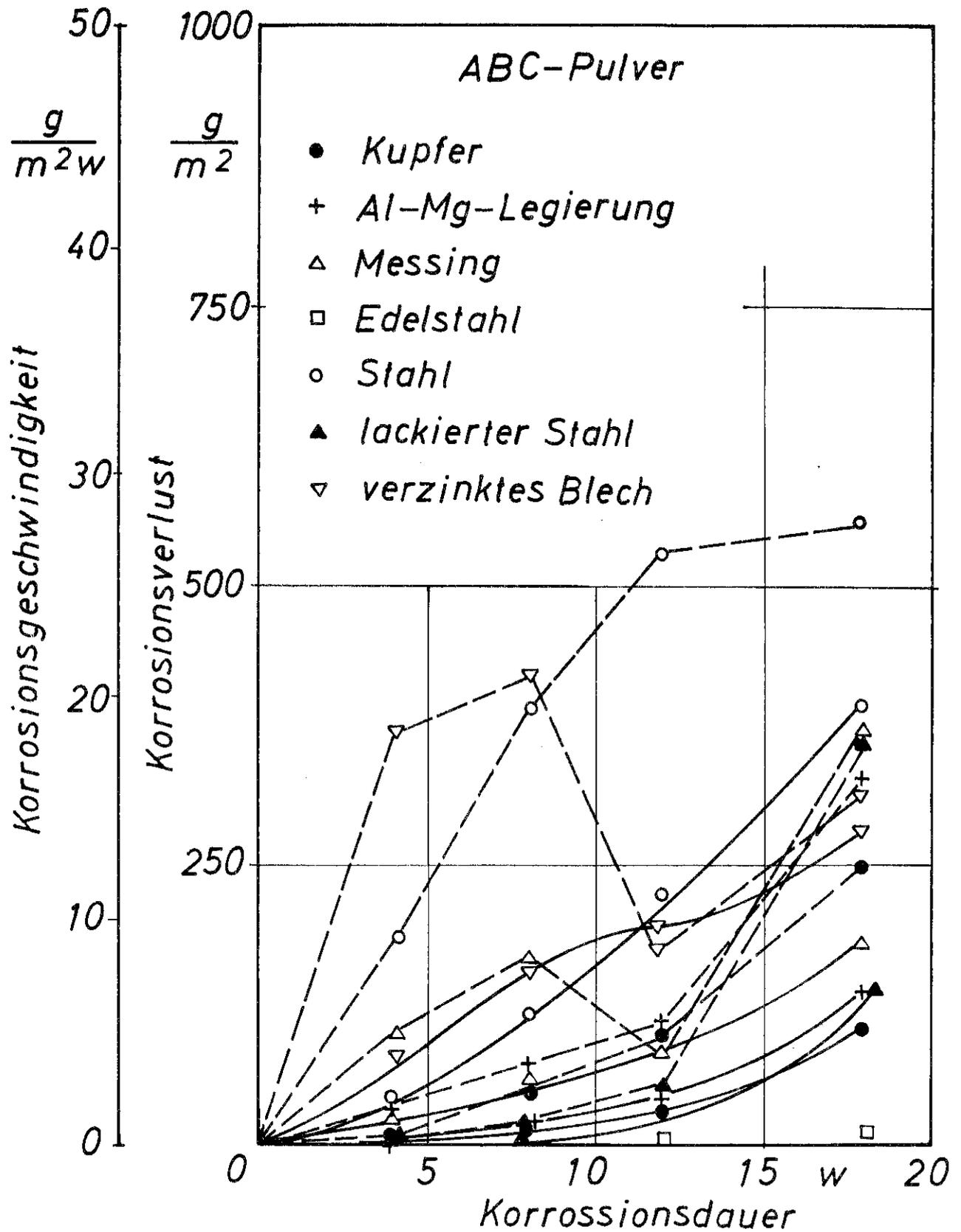


Bild 26. Korrosionsverlust und -geschwindigkeit der Proben unter der Einwirkung des ABC-Pulvers
— Korrosionsverlust, --- Korrosionsgeschwindigkeit

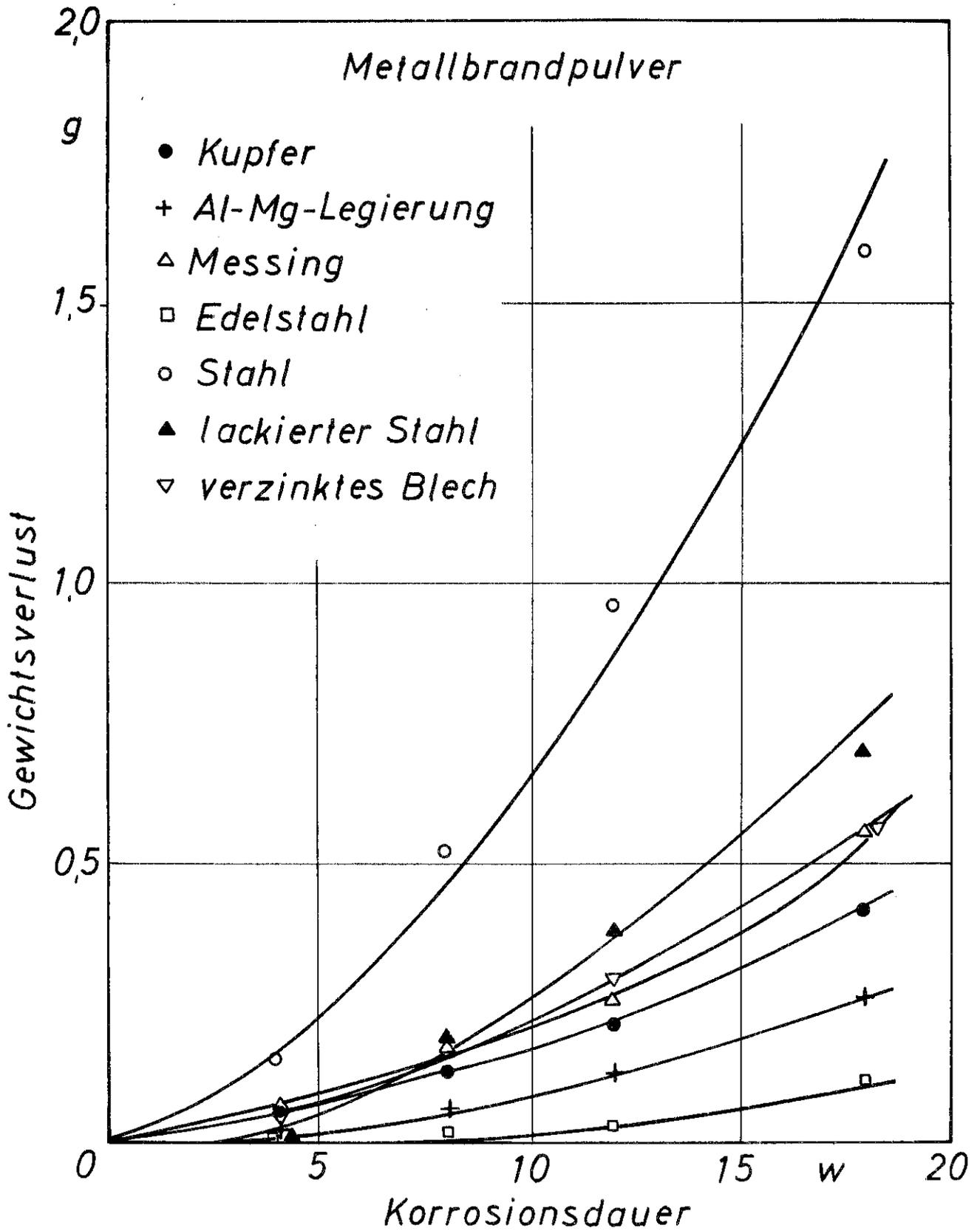


Bild 27. Gewichtsverlust der Proben unter der Einwirkung des Metallbrandpulvers

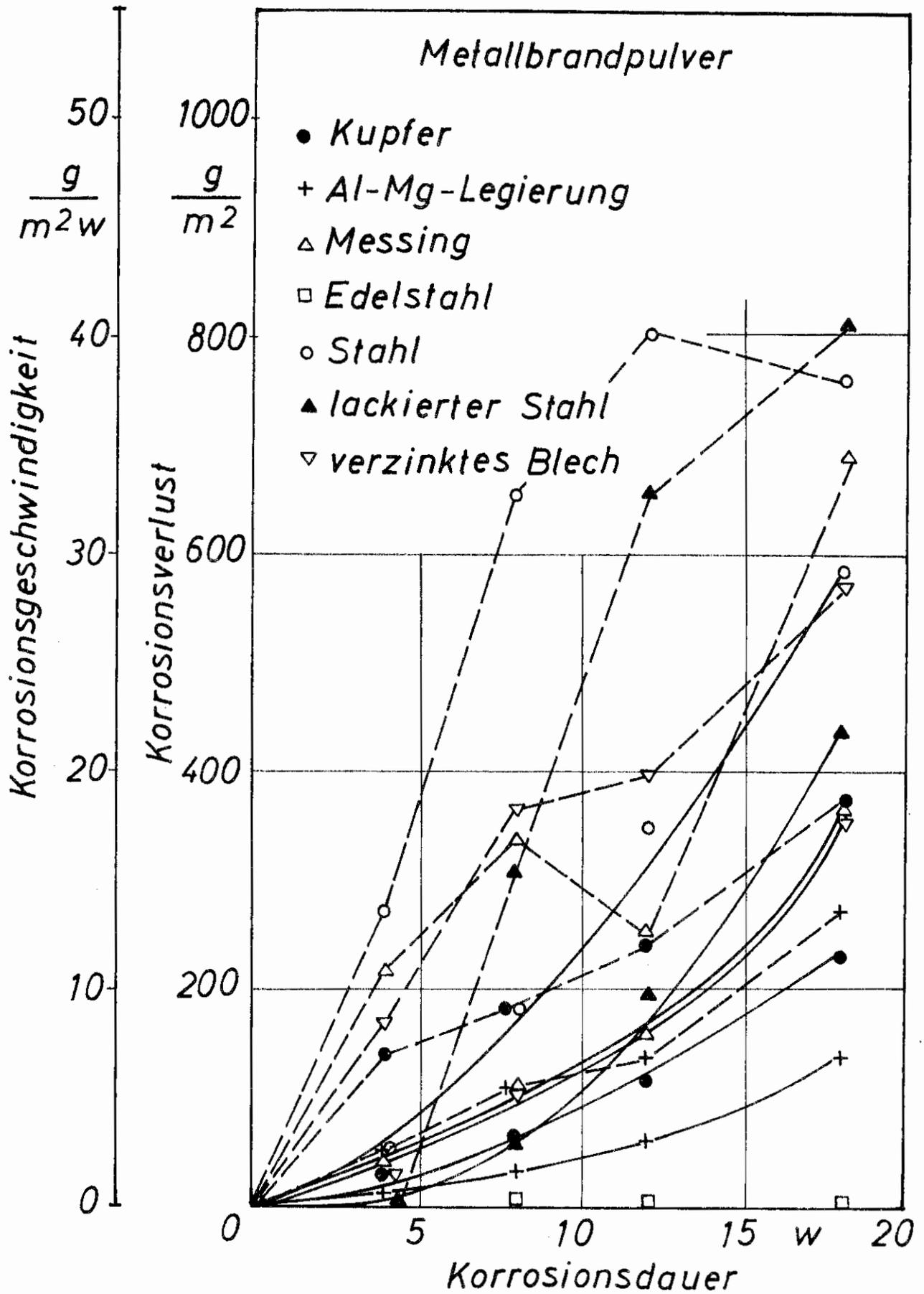


Bild 28. Korrosionsverlust und -geschwindigkeit der Proben unter der Einwirkung des Metallbrandpulvers
— Korrosionsverlust, --- Korrosionsgeschwindigkeit

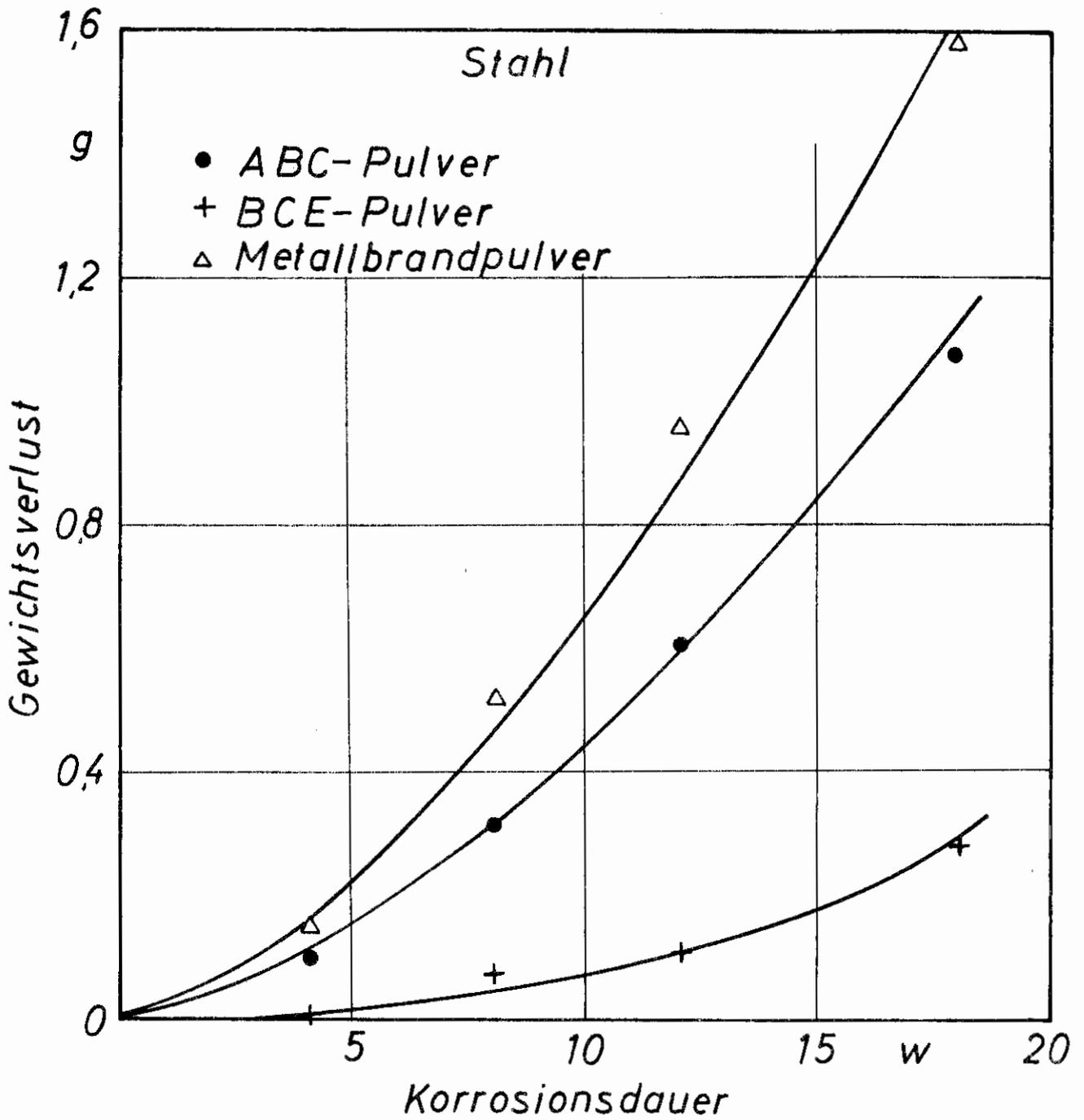


Bild 29. Gewichtsverlust der Stahlprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver

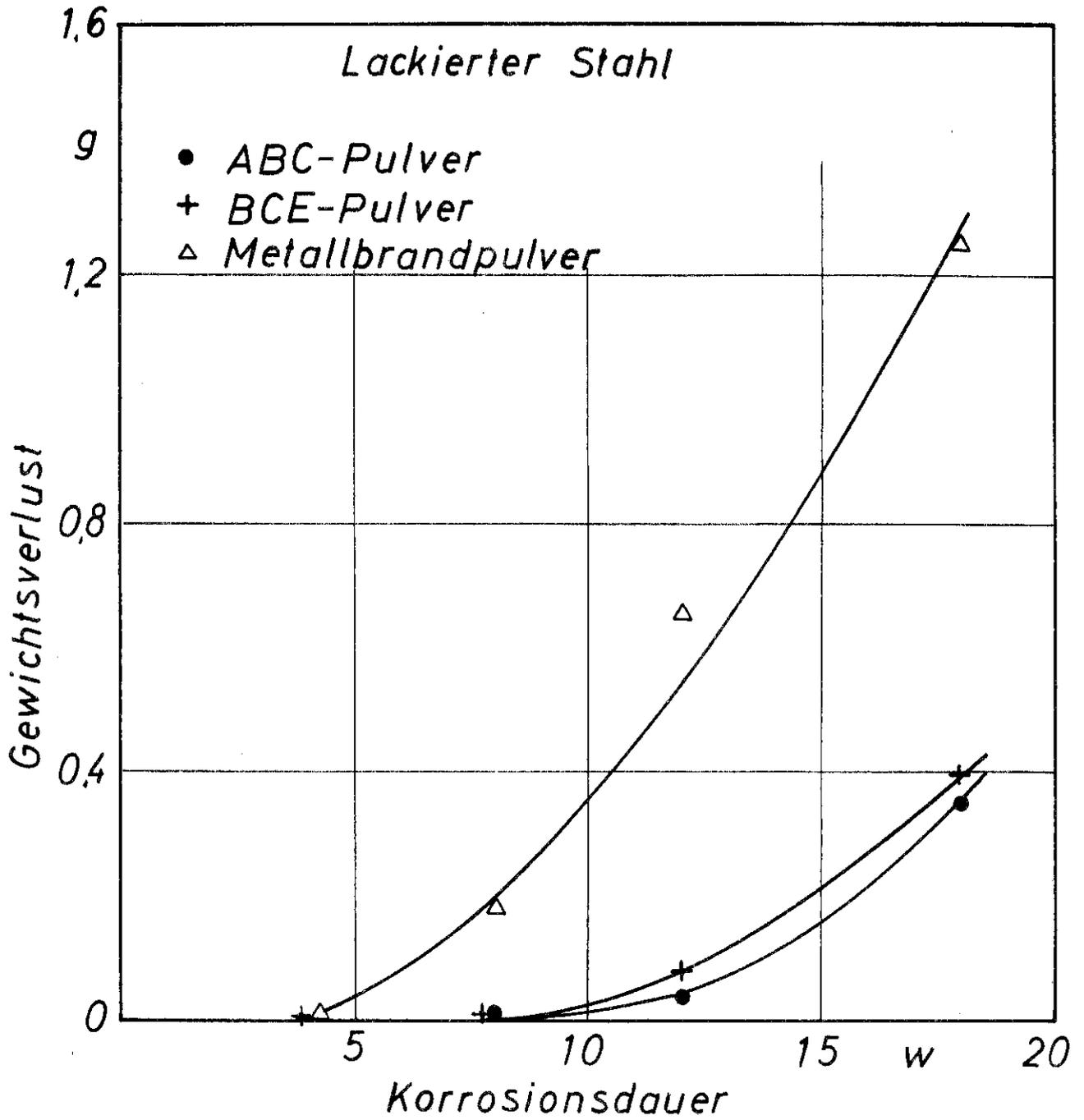


Bild 30. Gewichtsverlust der lackierten Stahlprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver

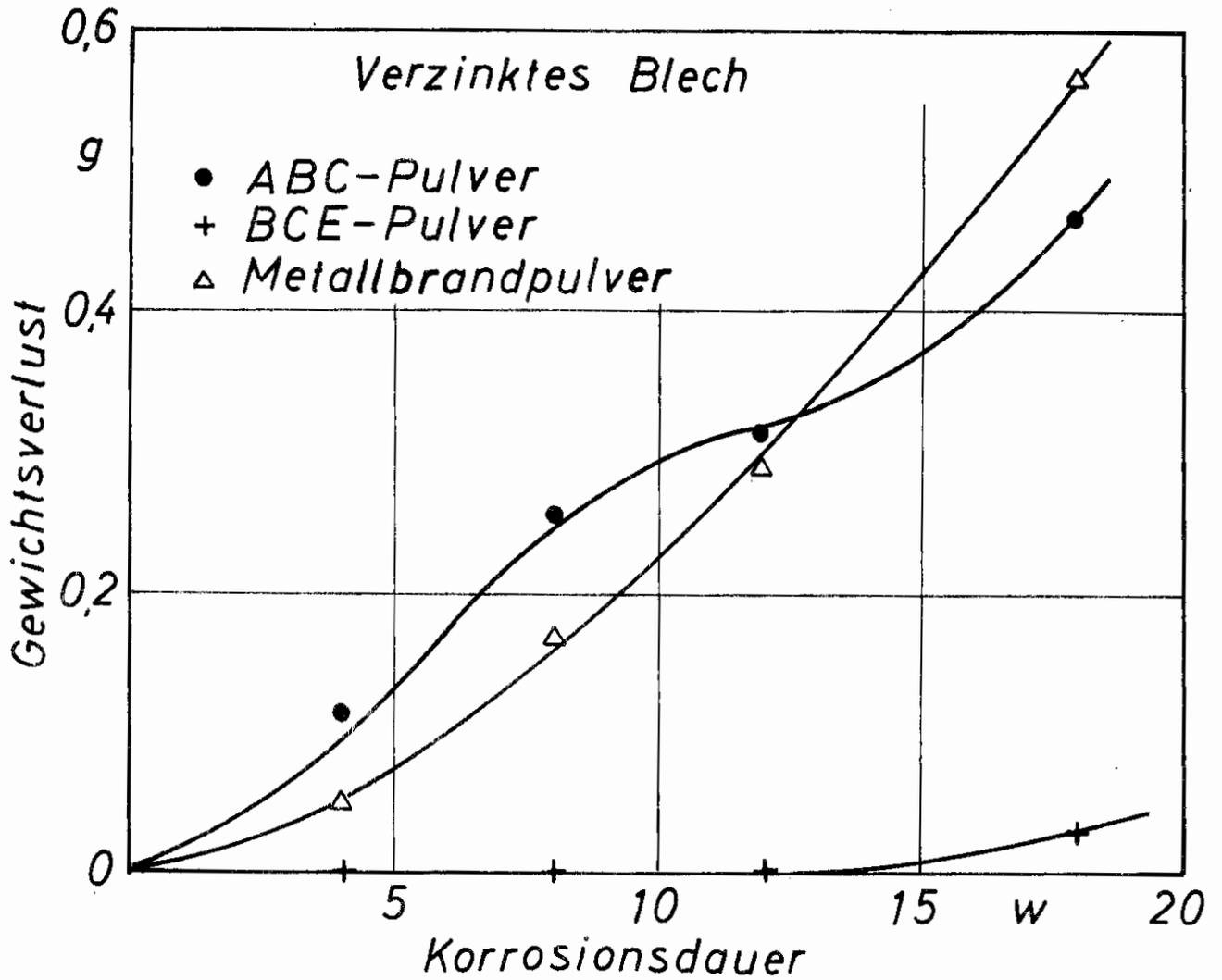


Bild 31. Gewichtsverlust der verzinkten Blechprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver

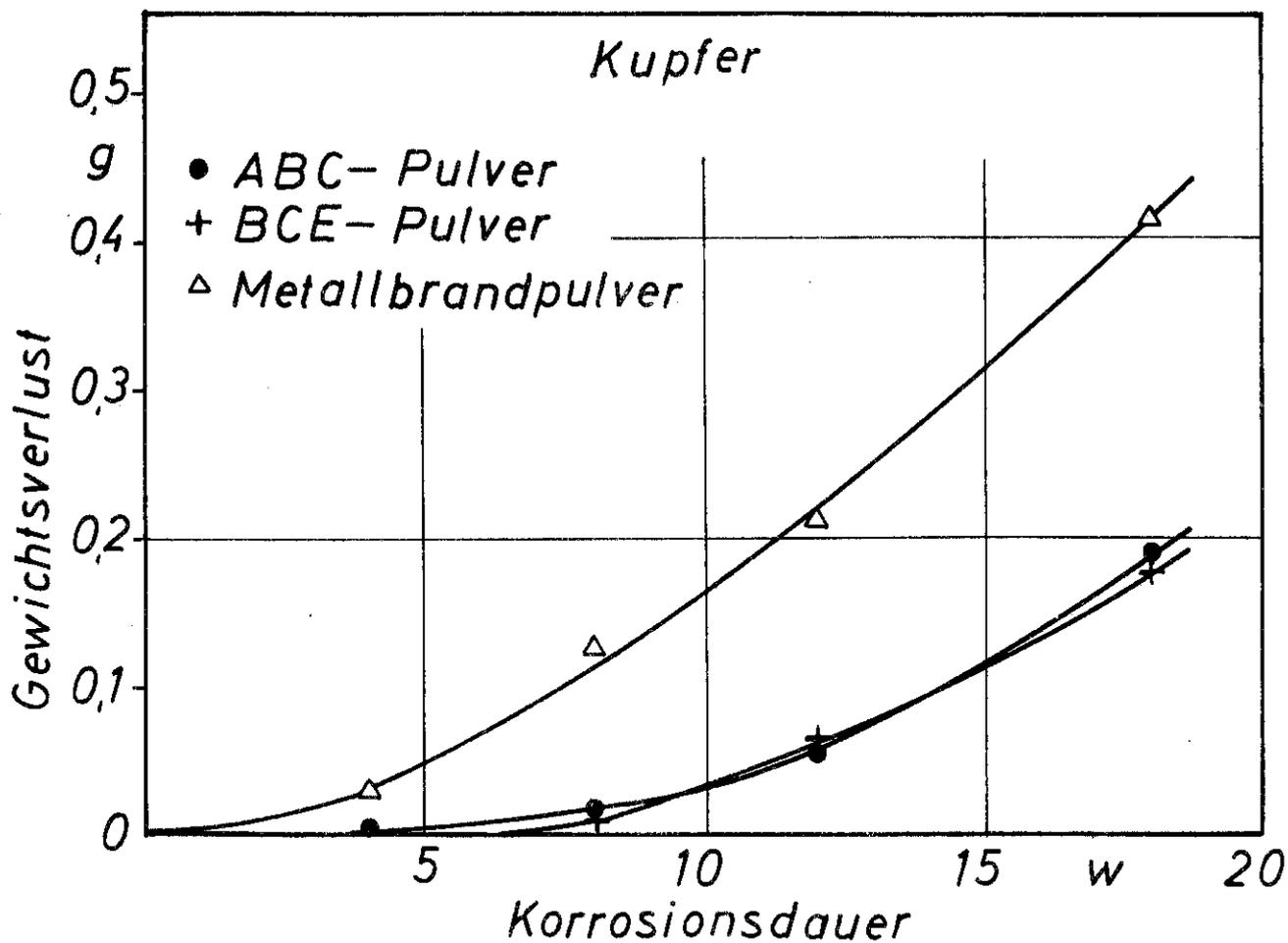


Bild 32. Gewichtsverlust der Kupferprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver

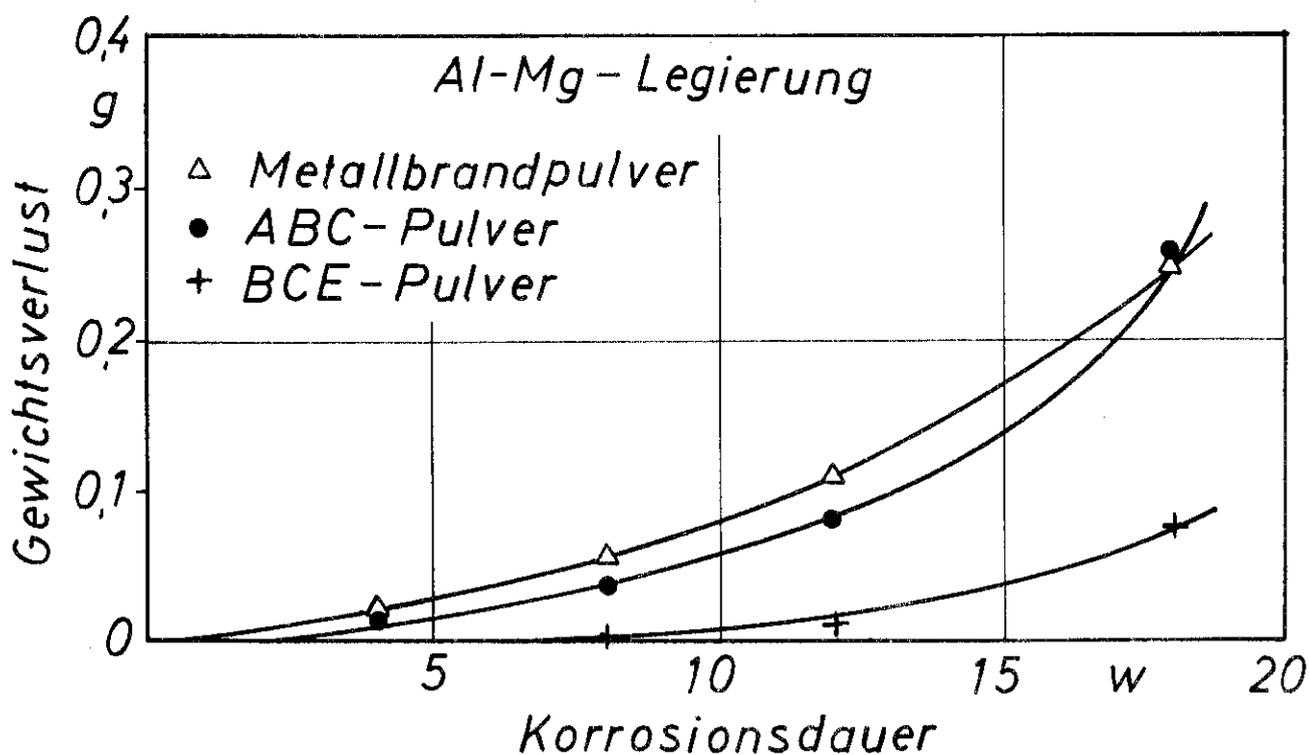


Bild 33. Gewichtsverlust der Probe aus der Al-Mg-Legierung unter dem Einfluß der drei Trockenlöschpulver

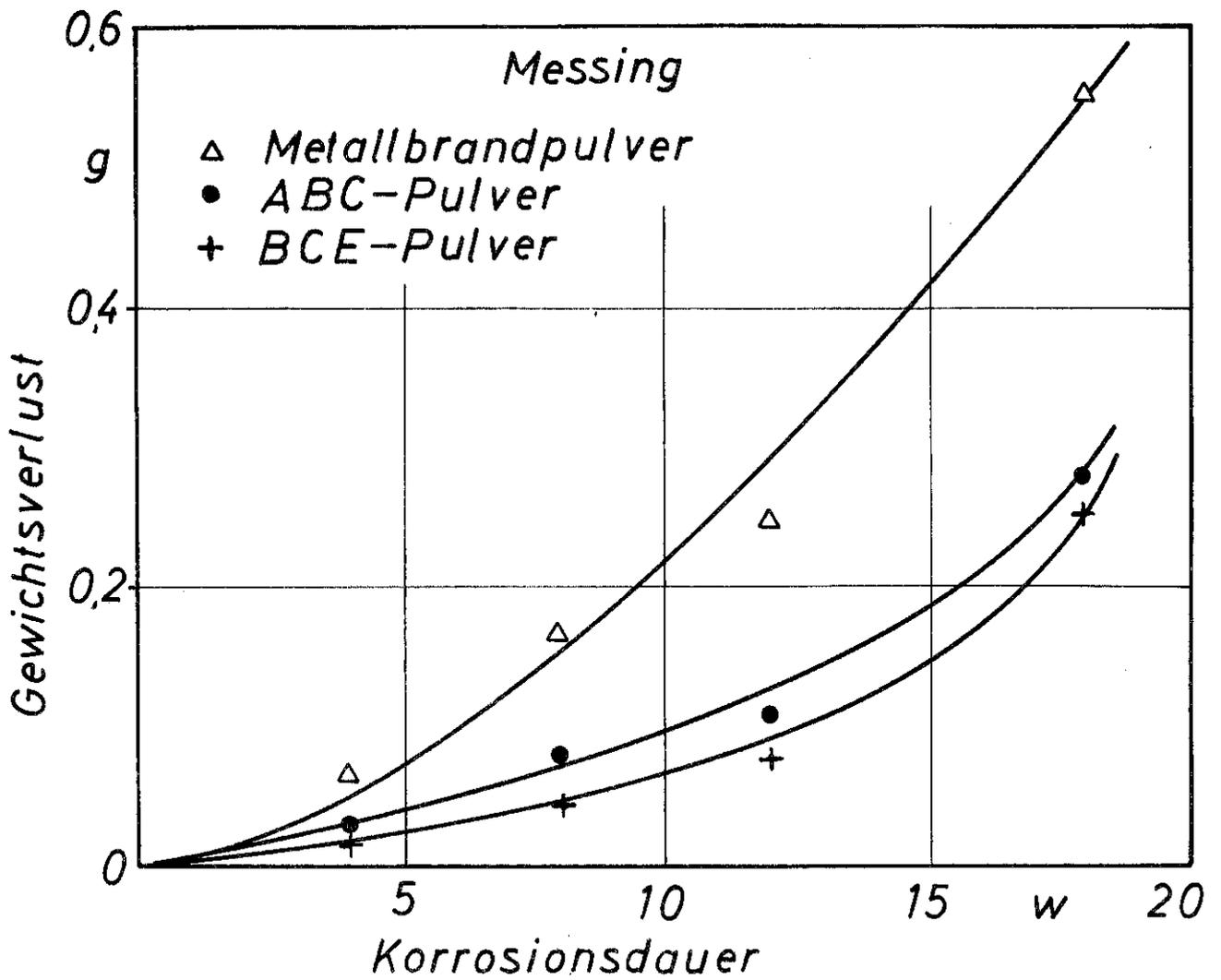


Bild 34. Gewichtsverlust der Messingprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver

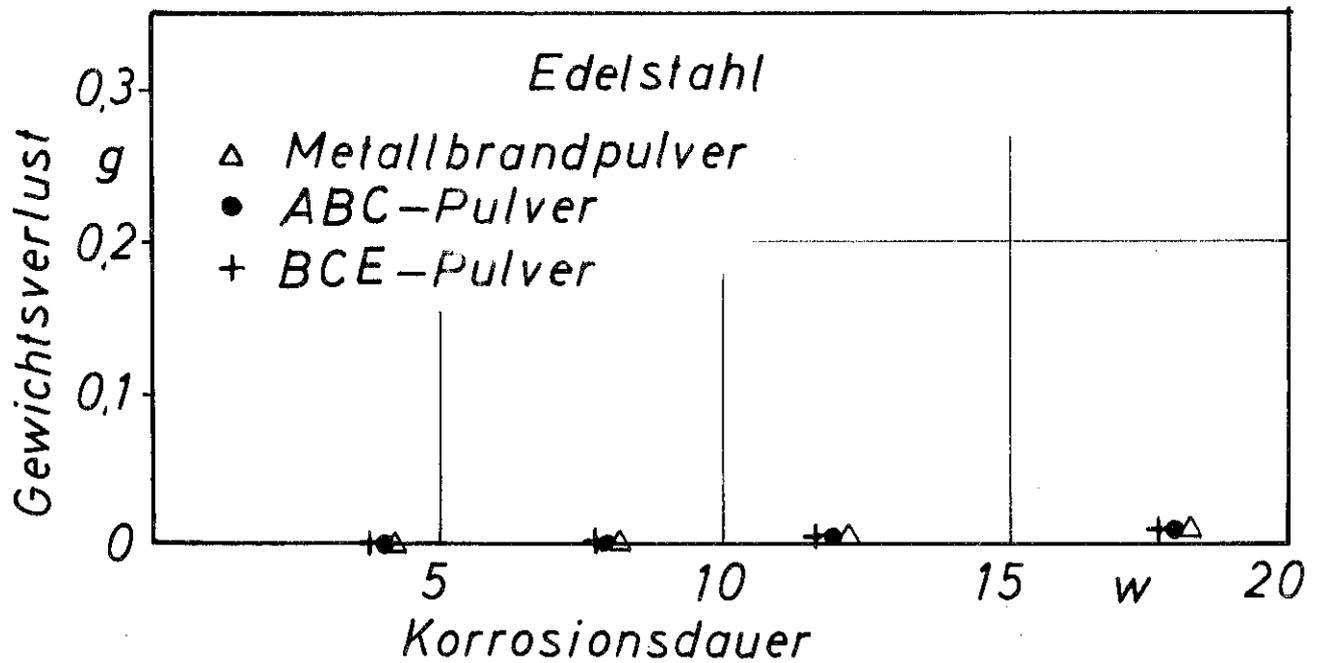


Bild 35. Gewichtsverlust der Edelstahlprobe unter dem Einfluß der drei Trockenlöschpulver

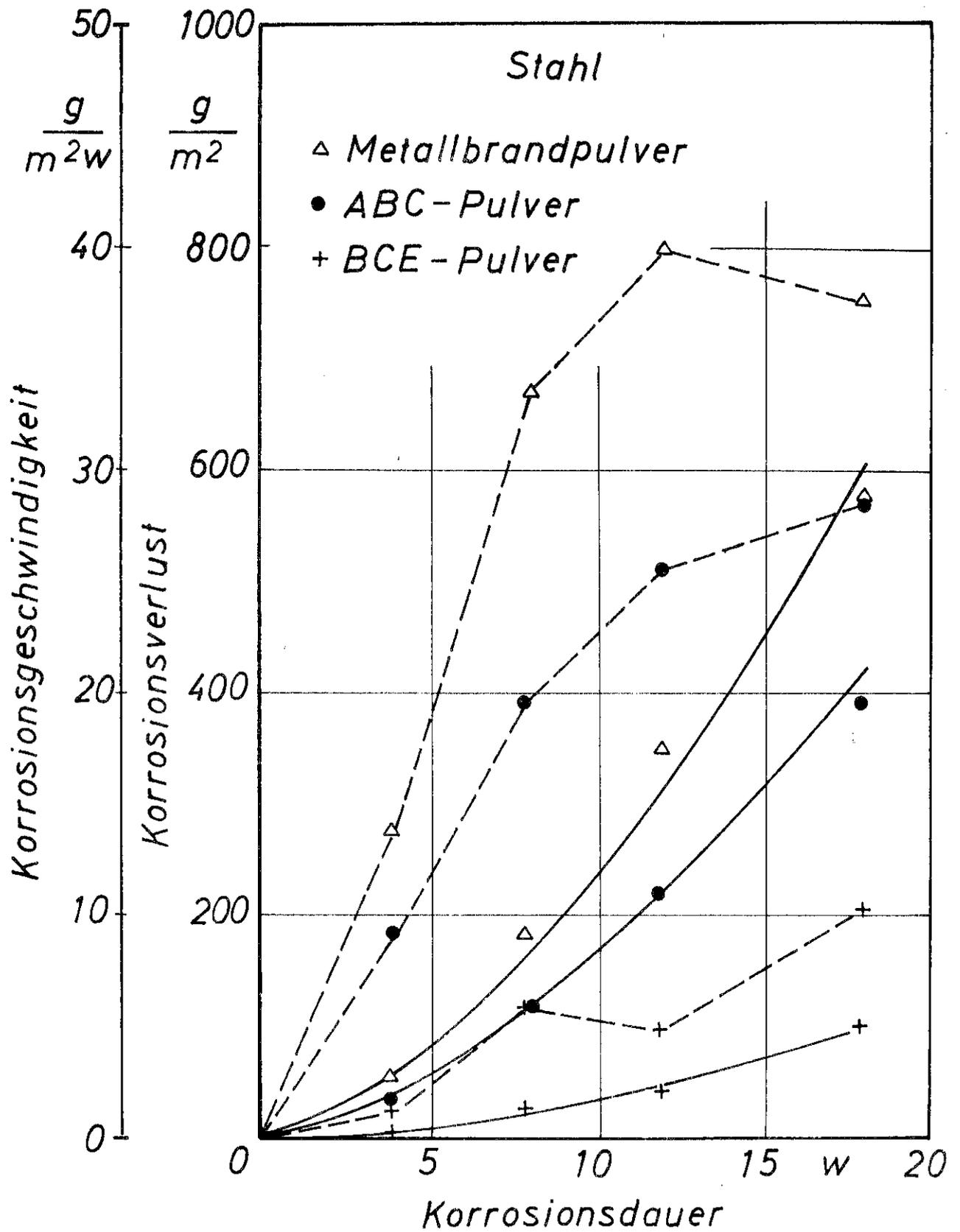


Bild 36. Korrosionsverlust und -geschwindigkeit der Stahlprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver
— Korrosionsverlust, --- korrosionsgeschwindigkeit

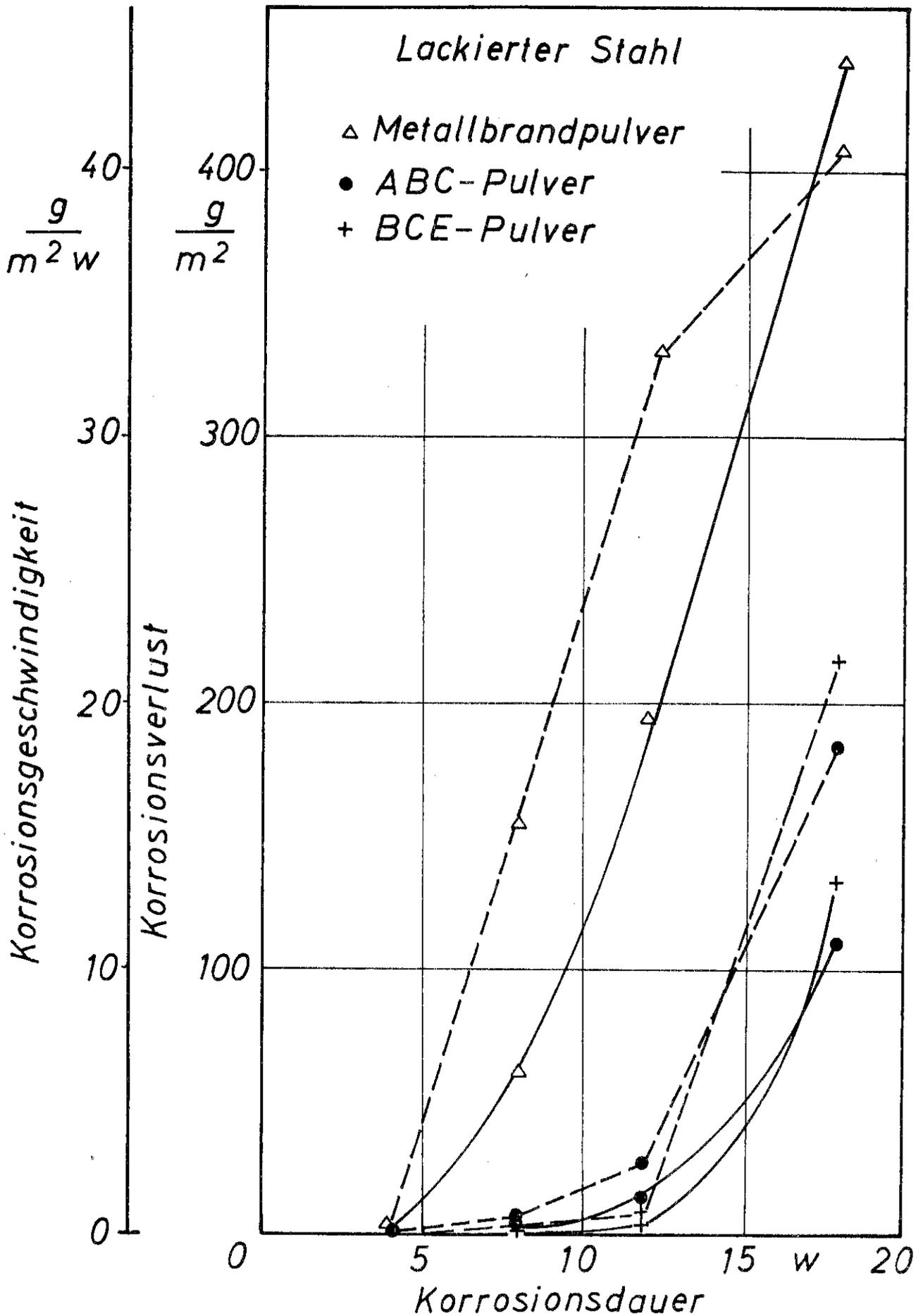


Bild 37. Korrosionsverlust und -geschwindigkeit der lackierten Stahlprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver
— Korrosionsverlust, --- Korrosionsgeschwindigkeit

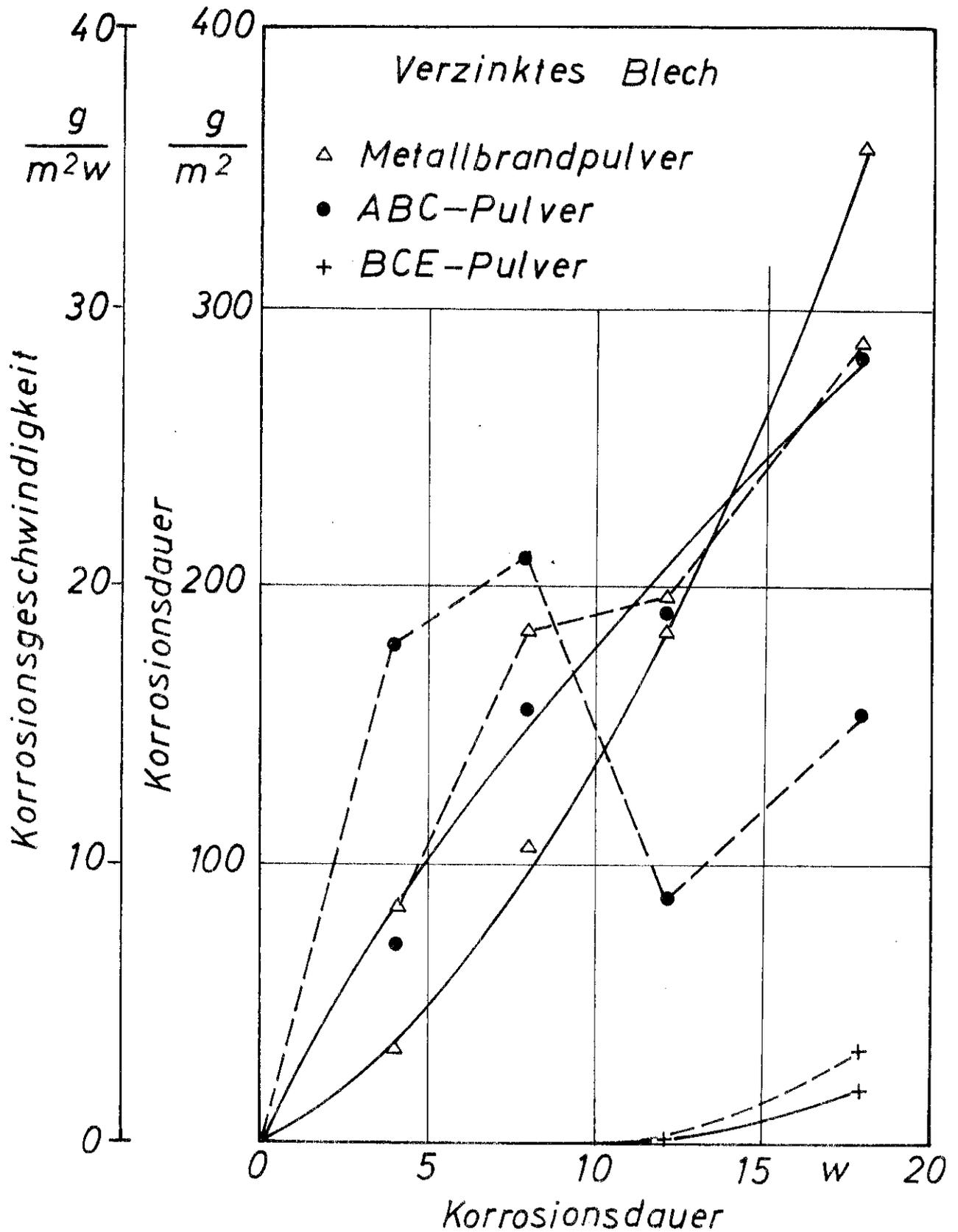


Bild 38. Korrosionsverlust und -geschwindigkeit der verzinkten Blechprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver

— Korrosionsverlust, --- Korrosionsgeschwindigkeit

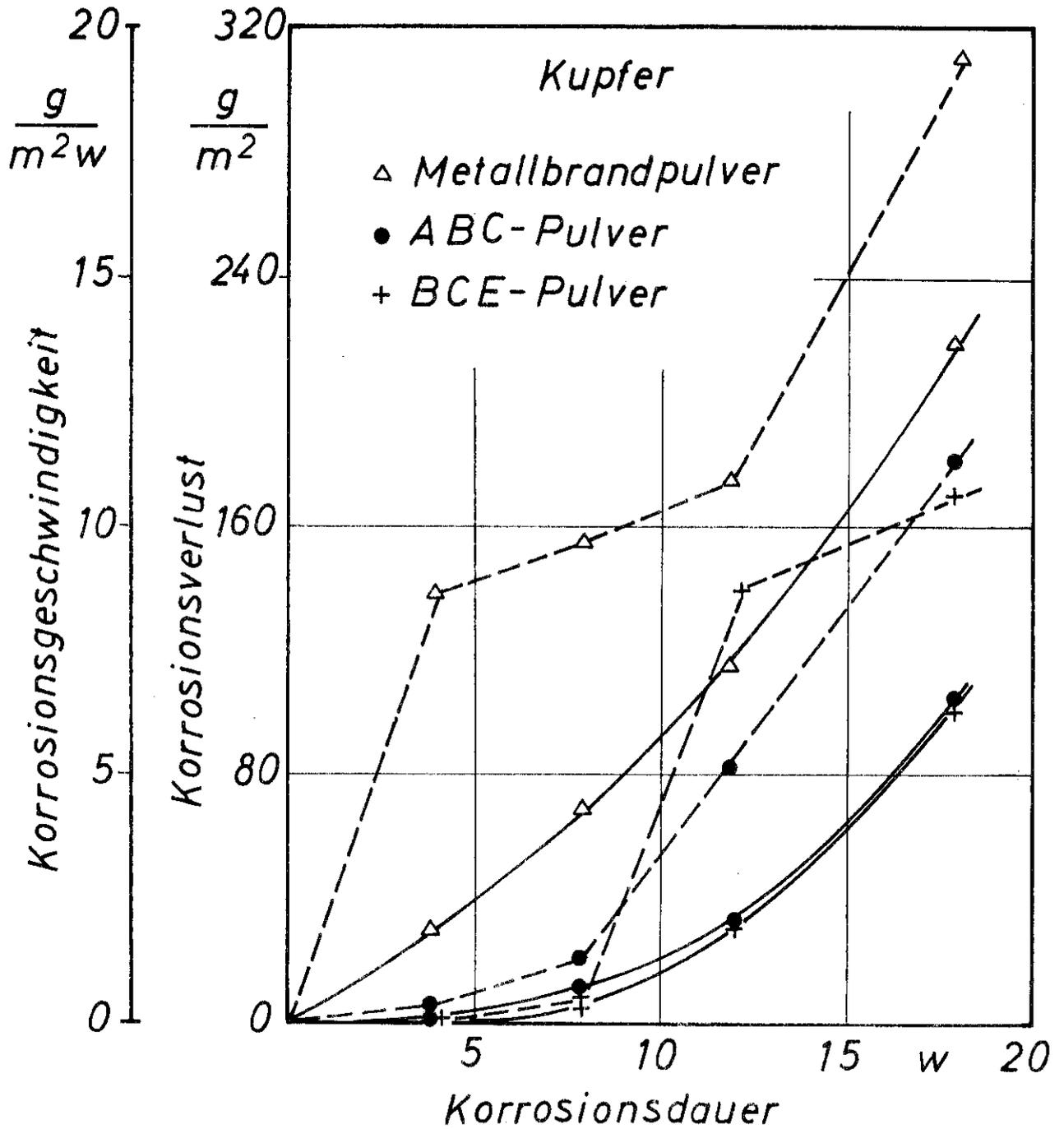


Bild 39. Korrosionsverlust und -geschwindigkeit der Kupferprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver
— Korrosionsverlust, --- Korrosionsgeschwindigkeit

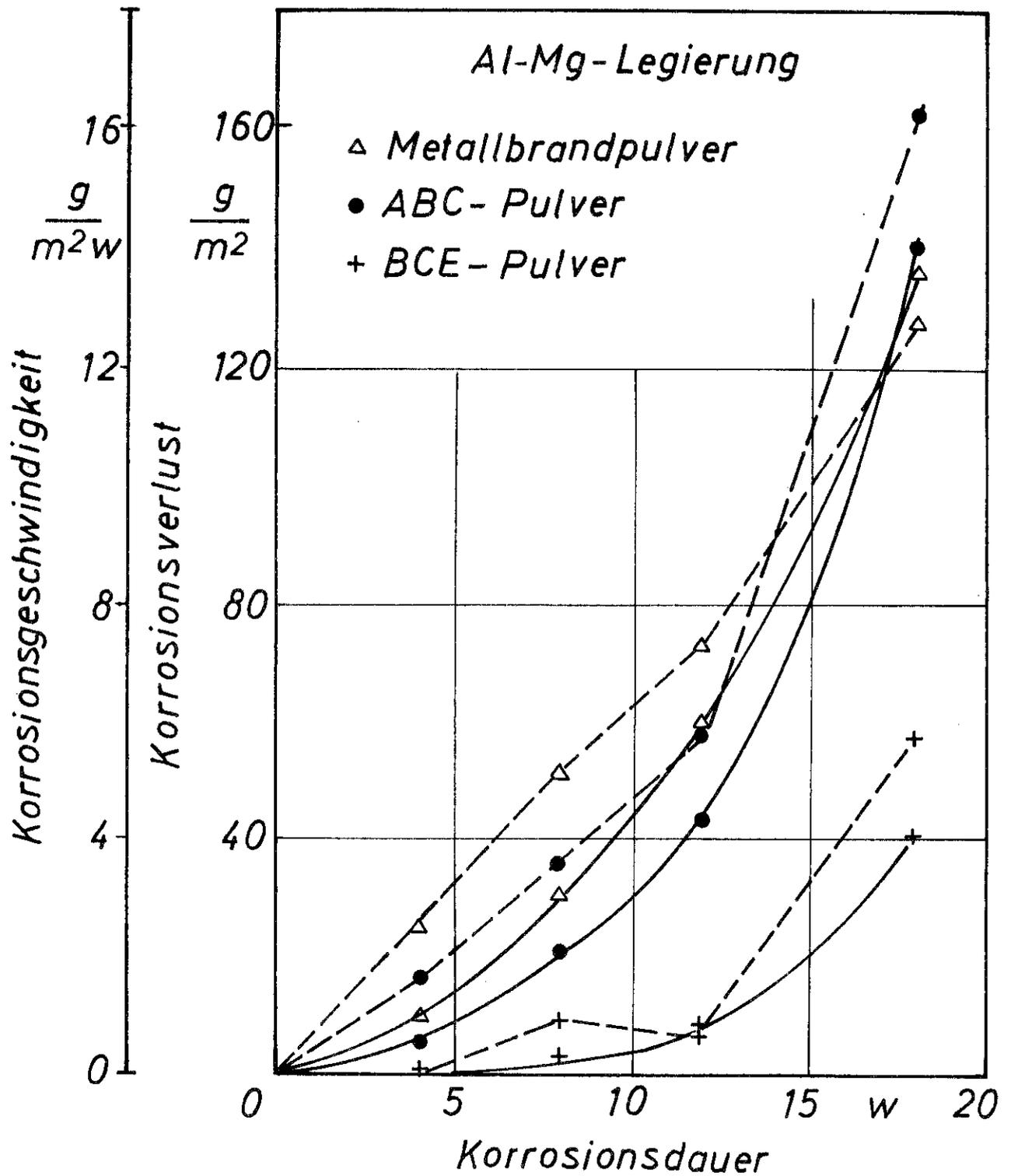


Bild 40. Korrosionsverlust und -geschwindigkeit der Probe aus der Al-Mg-Legierung unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver
— Korrosionsverlust, --- Korrosionsgeschwindigkeit

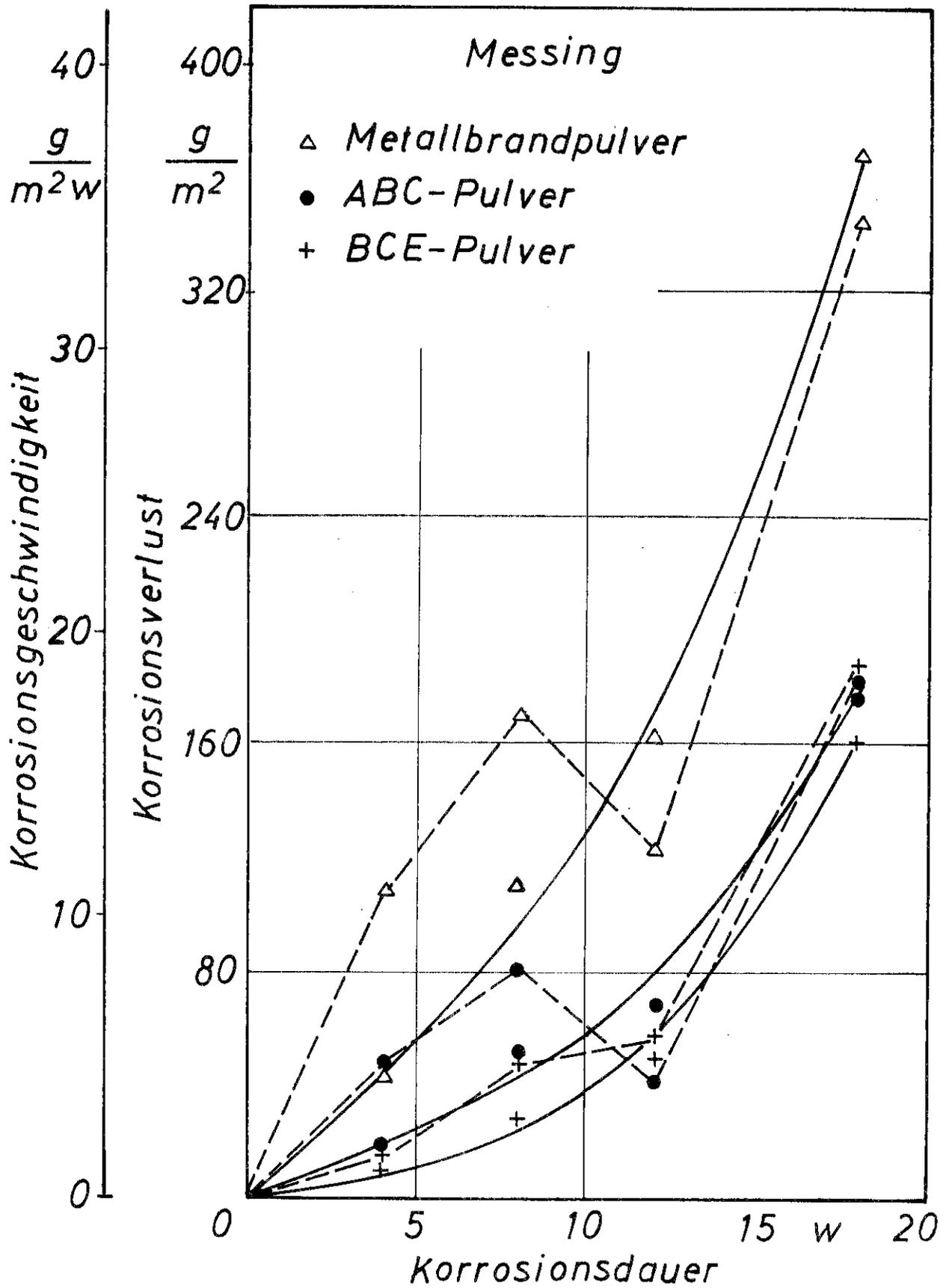


Bild 41. Korrosionsverlust und -geschwindigkeit der Messingprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver

— Korrosionsverlust, --- Korrosionsgeschwindigkeit

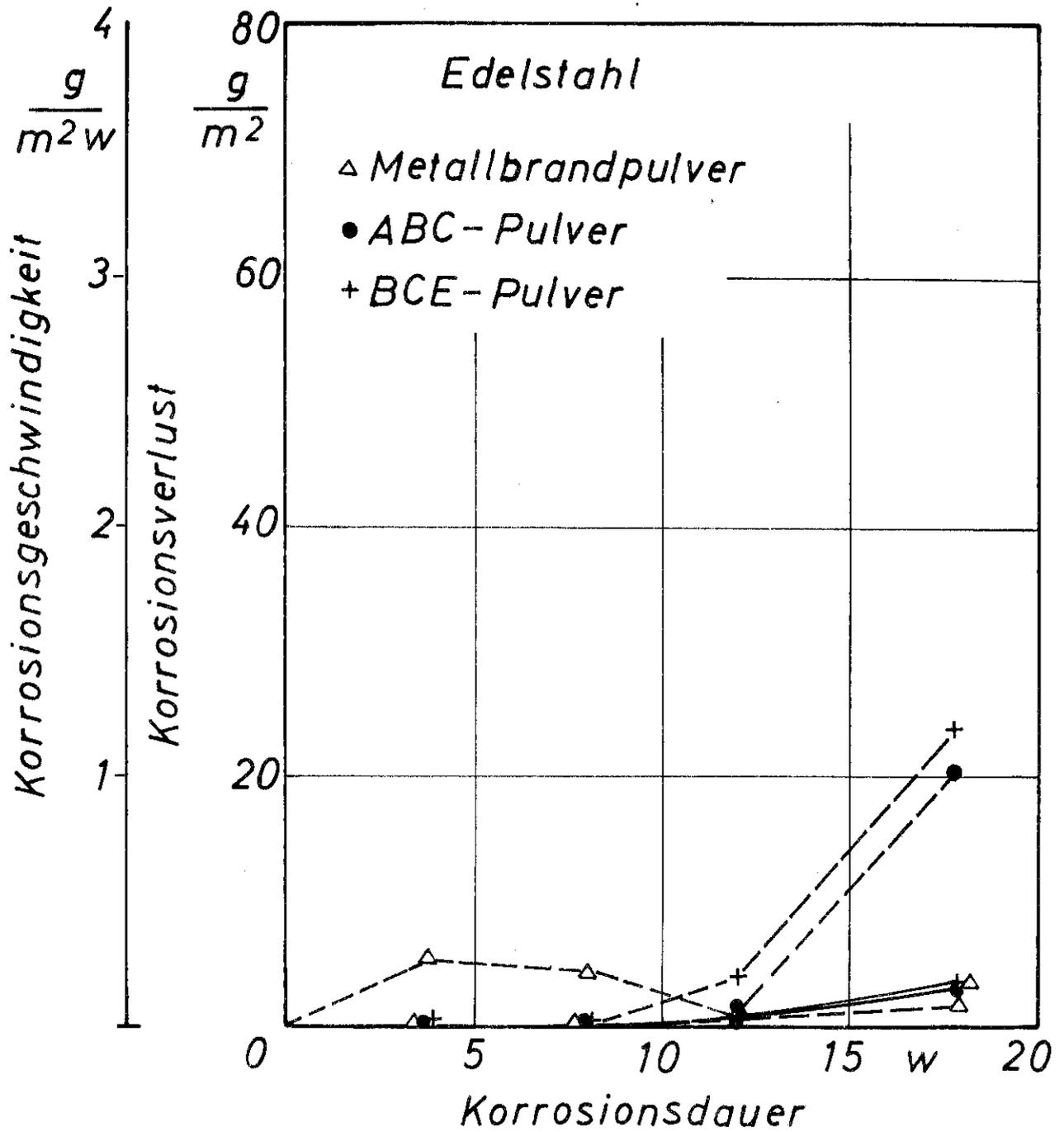
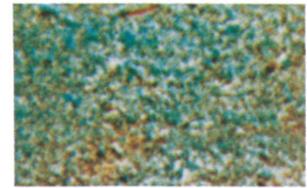
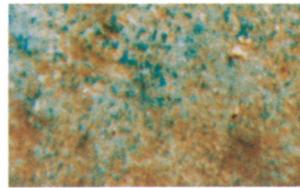
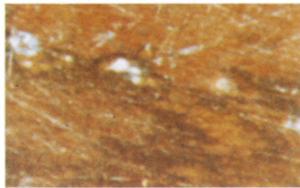


Bild 42. Korrosionsverlust und -geschwindigkeit der Edelstahlprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver
— Korrosionsverlust, --- Korrosionsgeschwindigkeit

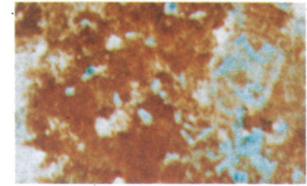
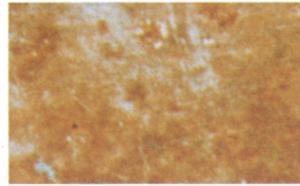
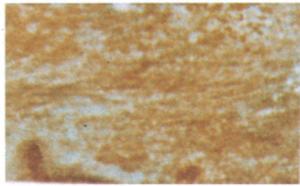
BCE–Pulver

ABC–Pulver

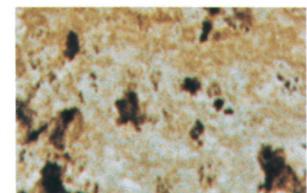
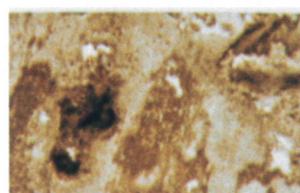
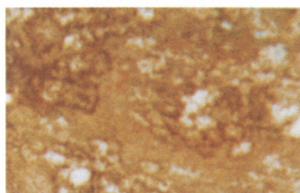
Metallbrandpulver



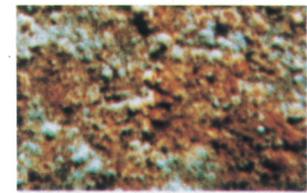
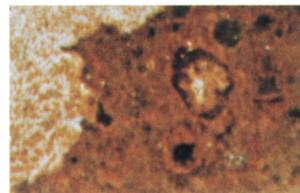
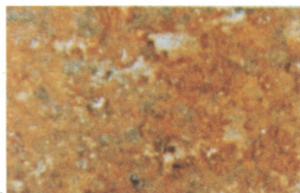
Kupfer



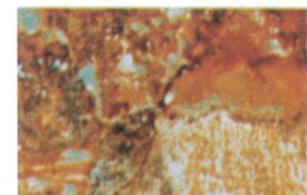
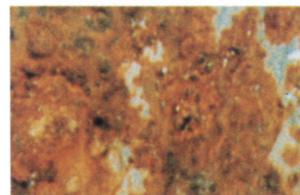
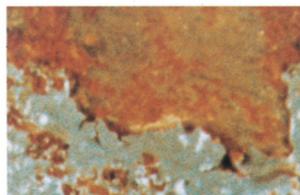
Messing



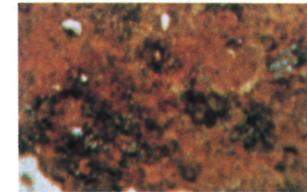
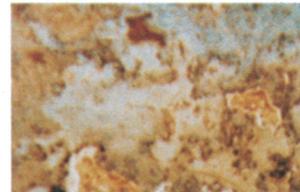
Al–Mg–Legierung



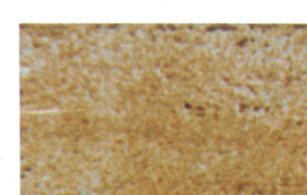
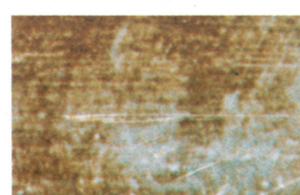
Stahl



lackierter Stahl



verzinktes Blech



Edelstahl

Bild 43

Probenoberfläche nach Ende des Kurzzeitversuchs mit kohlendioxidhaltiger Atmosphäre

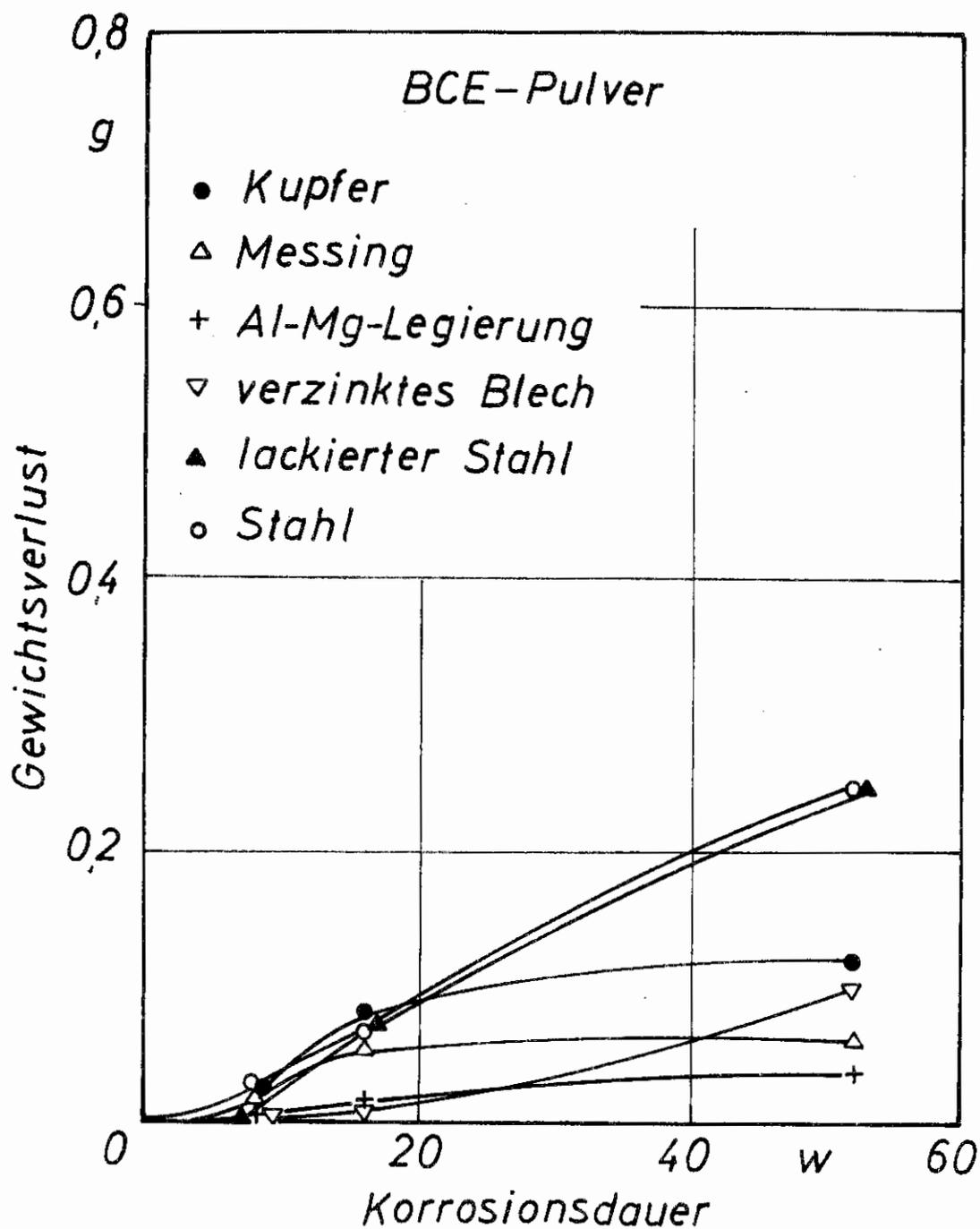


Bild 44. Gewichtsverlust der Proben unter der Einwirkung des BCE-Pulvers

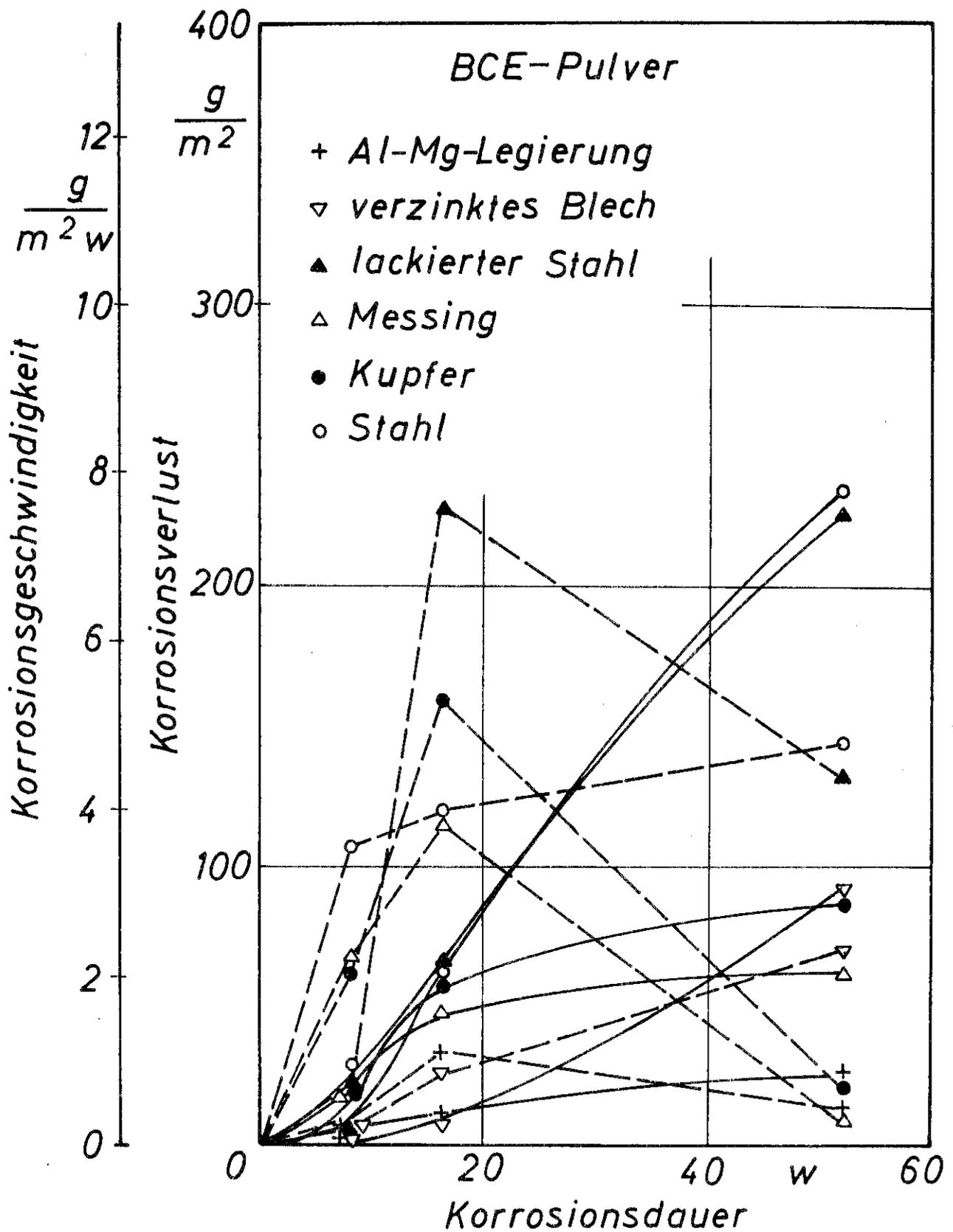


Bild 45. Korrosionsverlust und -geschwindigkeit der Proben unter der Einwirkung des BCE-Pulvers
 — Korrosionsverlust, --- Korrosionsgeschwindigkeit

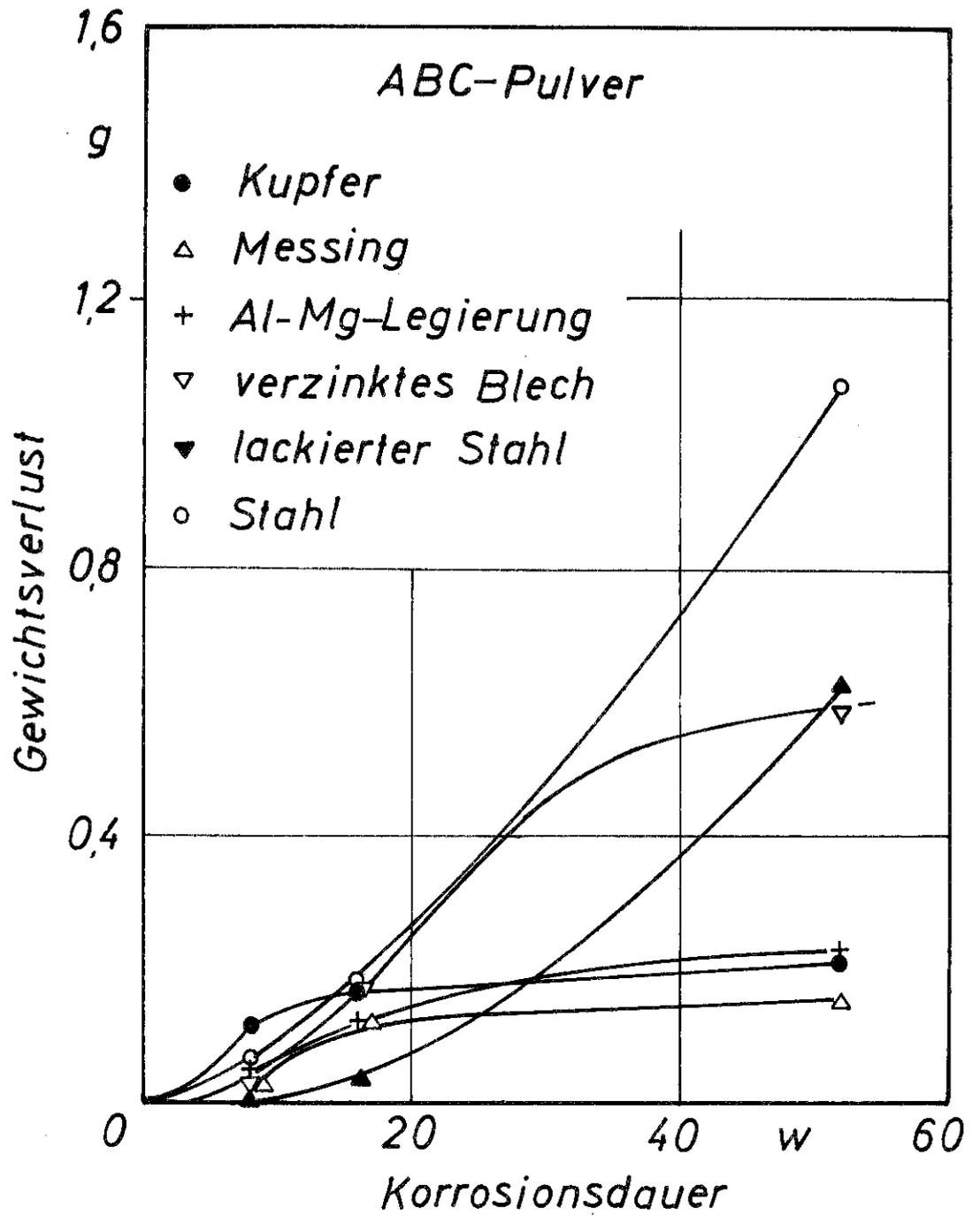


Bild 46. Gewichtsverlust der Proben unter der Einwirkung des ABC-Pulvers

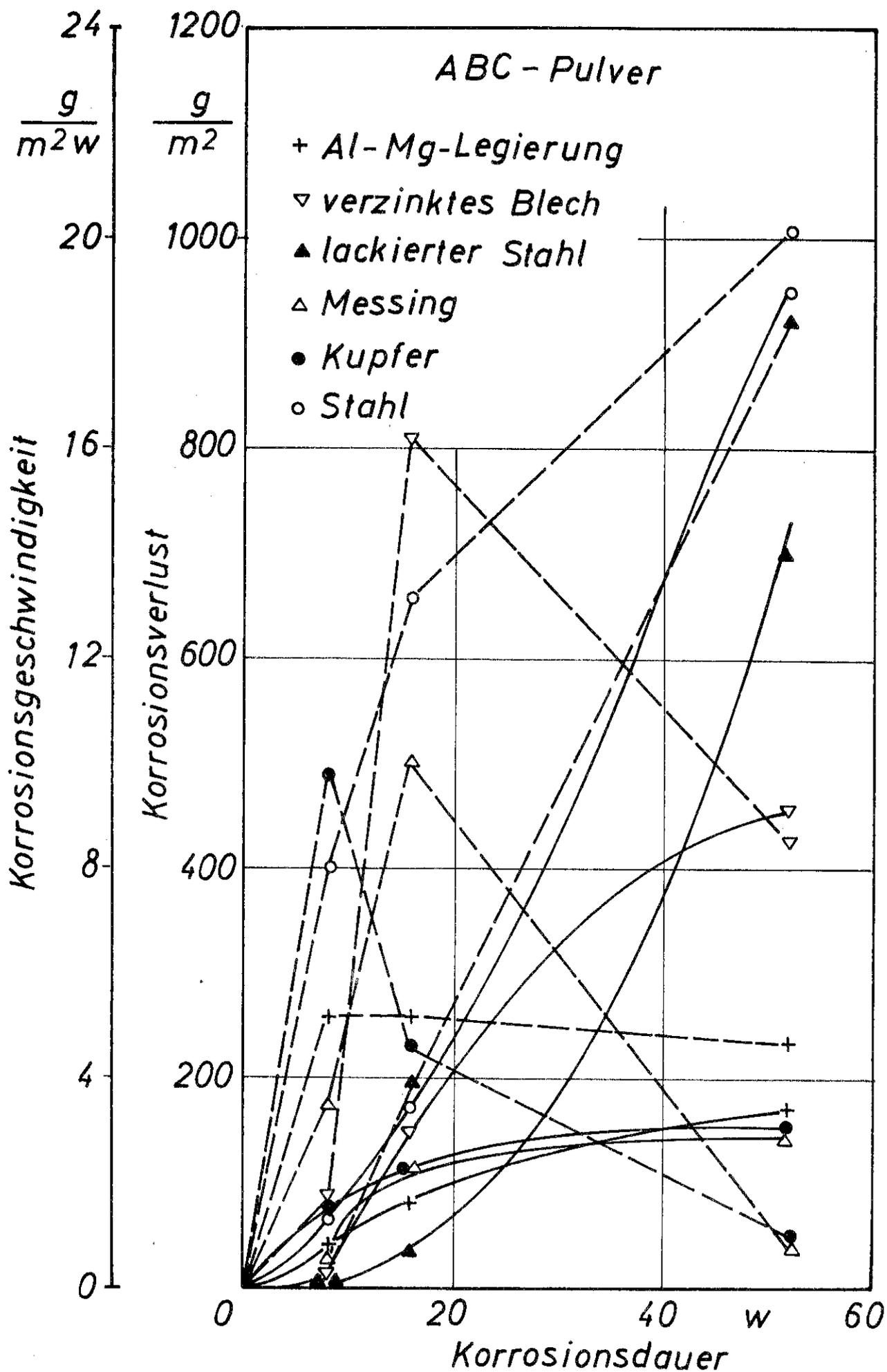


Bild 47. Korrosionsverlust und -geschwindigkeit der Proben unter der Einwirkung des ABC-Pulvers

— Korrosionsverlust, --- Korrosionsgeschwindigkeit

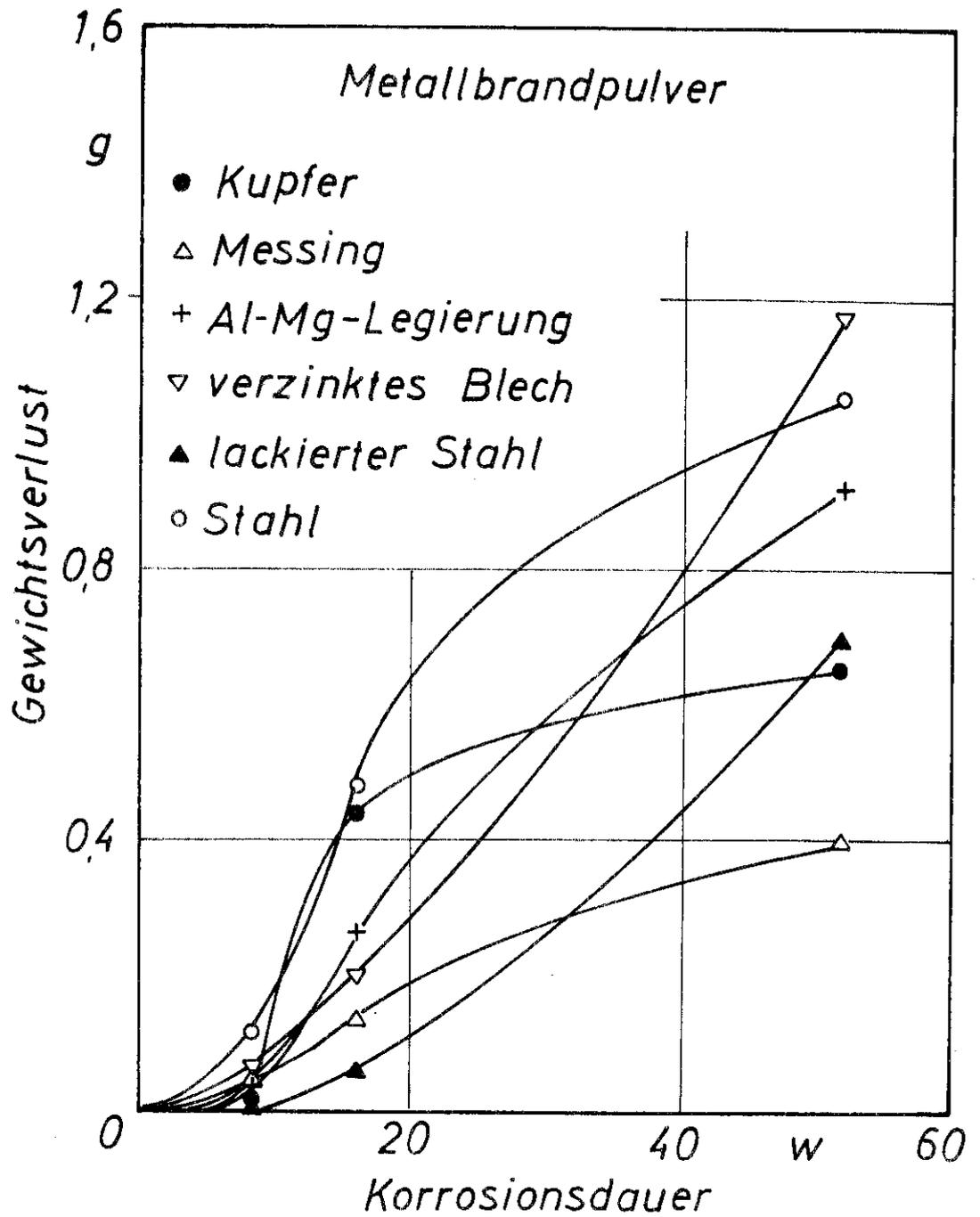


Bild 48. Gewichtsverlust der Proben unter dem Einfluß des Metallbrandpulvers

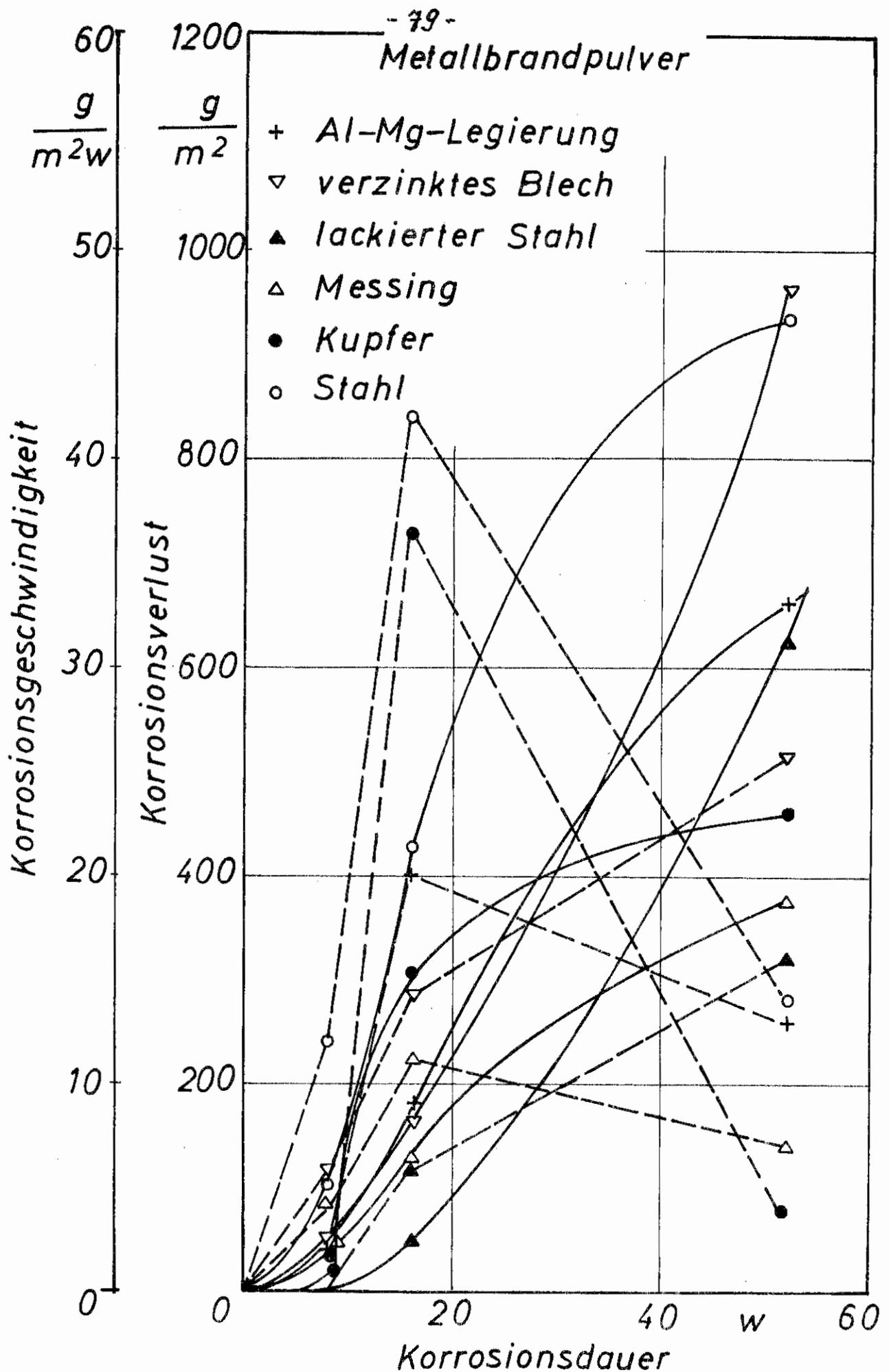


Bild 49. Korrosionsverlust und -geschwindigkeit der Proben unter der Einwirkung des Metallbrandpulvers
 — Korrosionsverlust, --- Korrosionsgeschwindigkeit

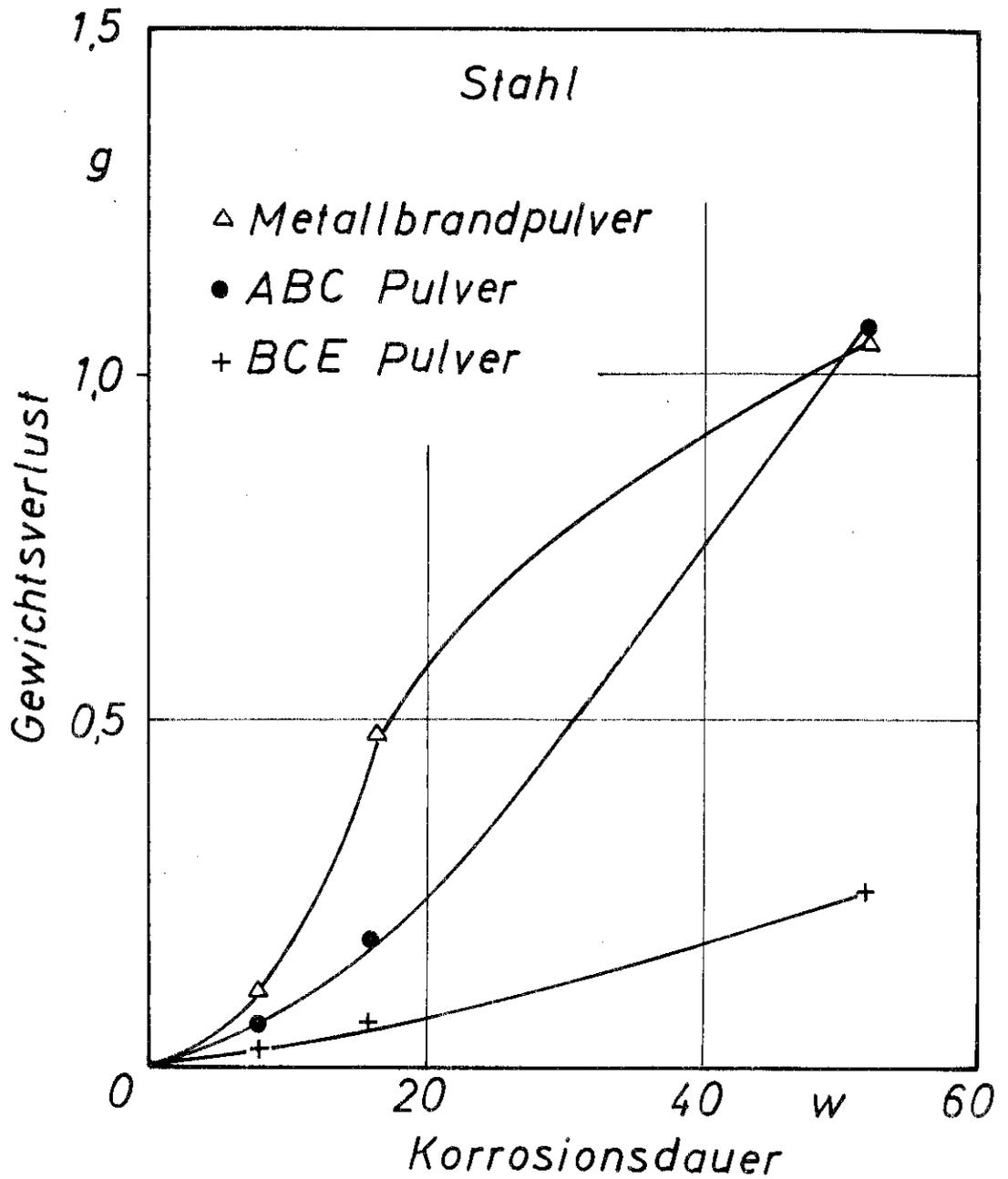


Bild 50. Gewichtsverlust der Stahlprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver

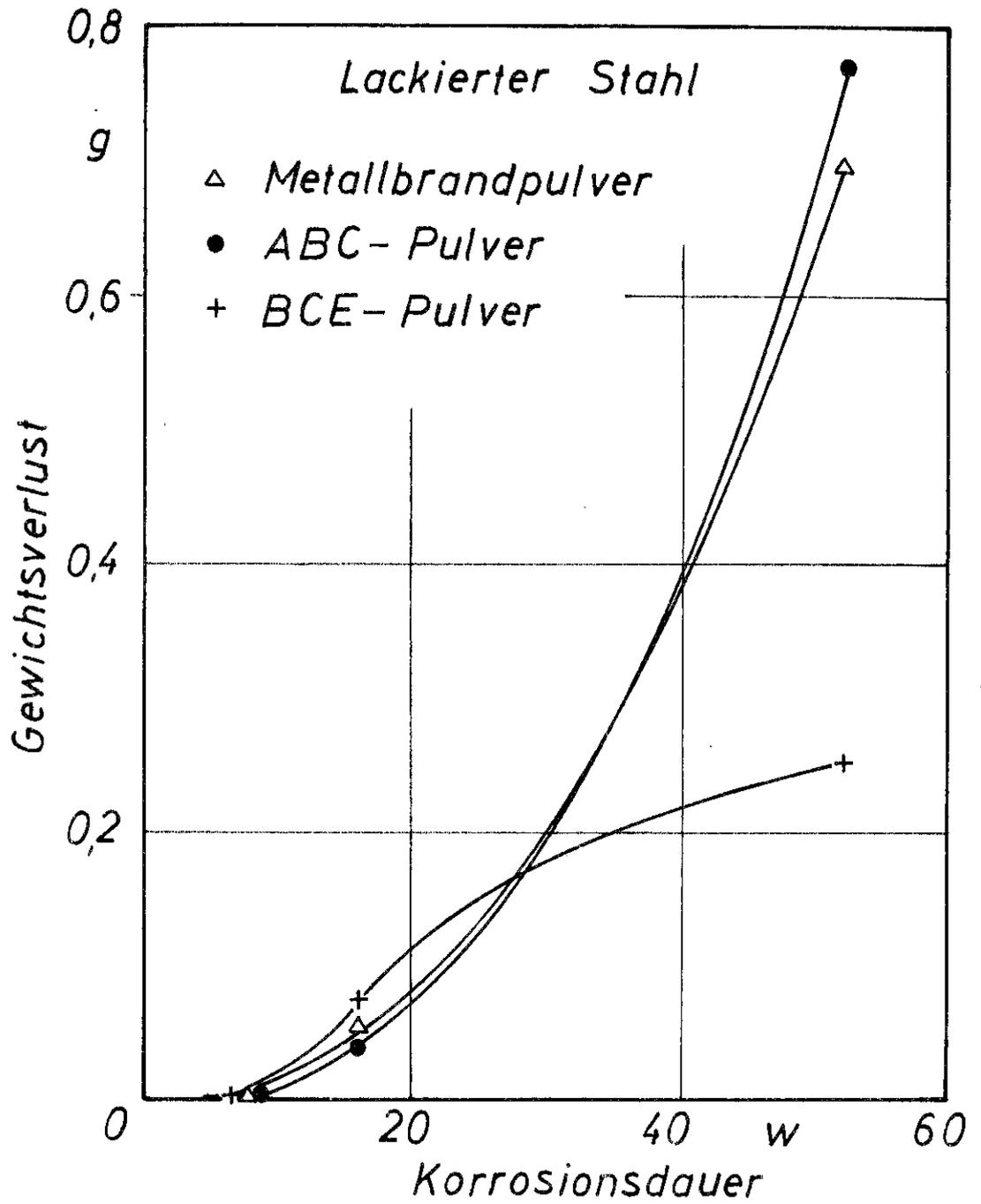


Bild 51. Gewichtsverlust der lackierten Stahlprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver

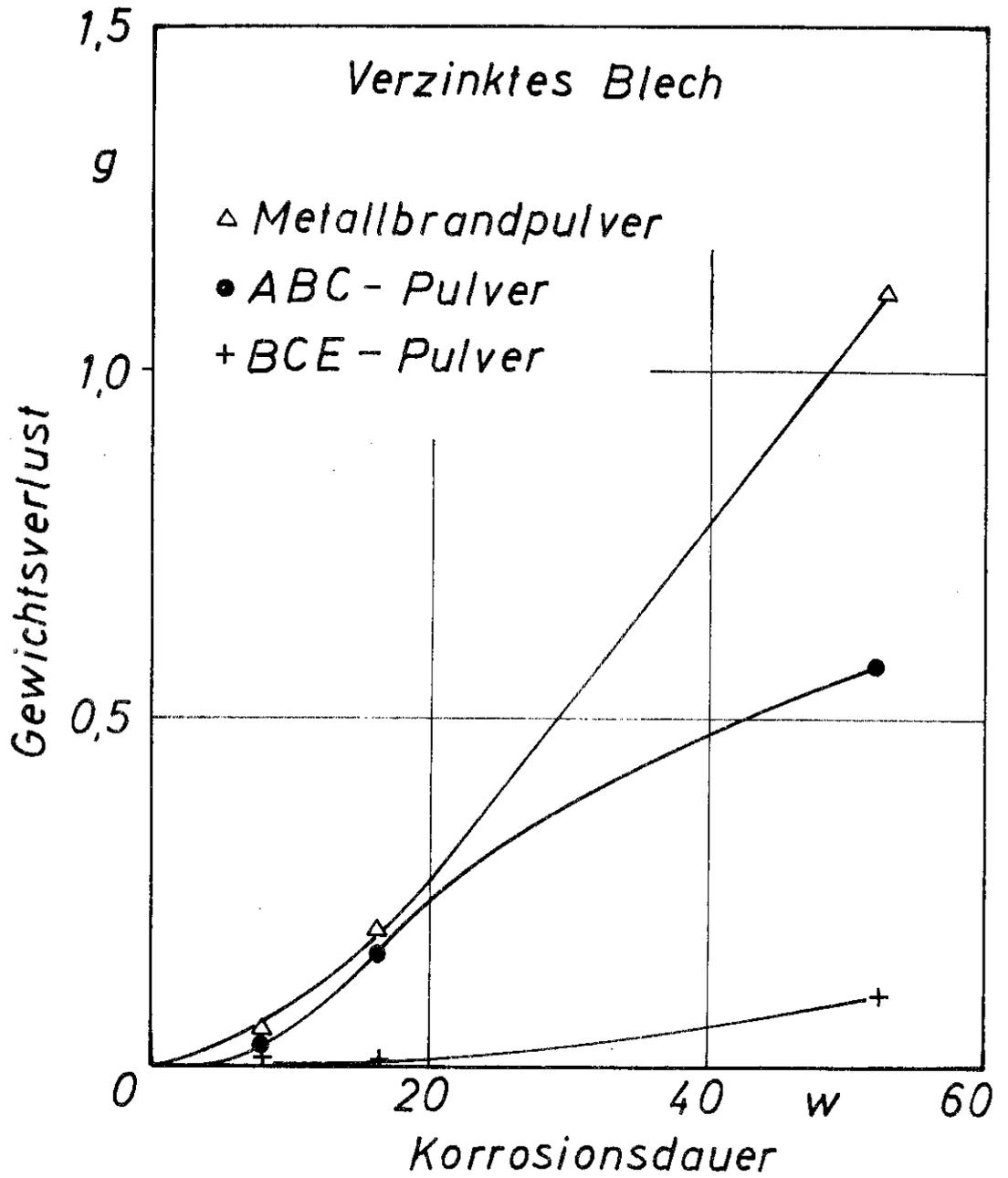


Bild 52. Gewichtsverlust der lackierten Blechprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver

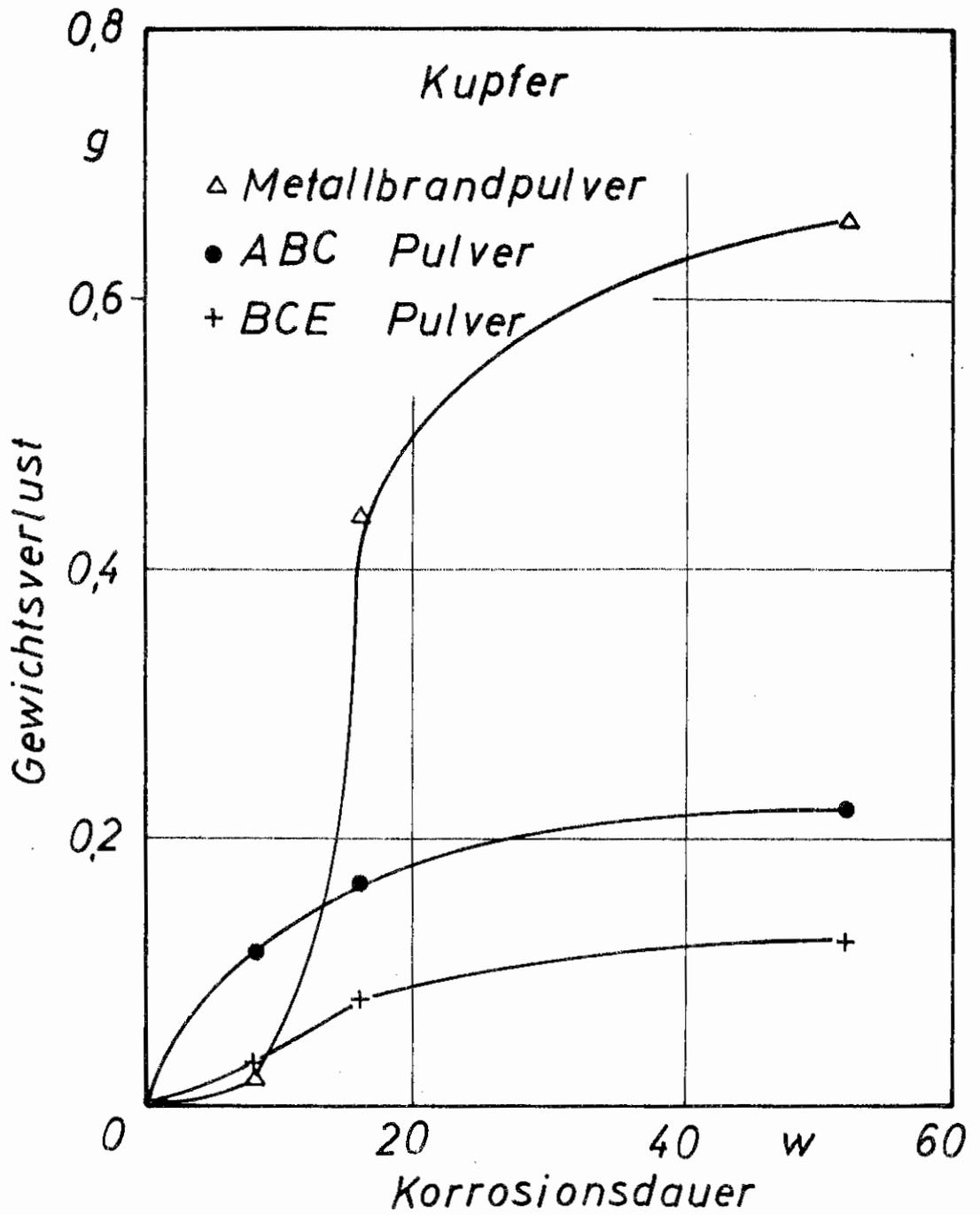


Bild 53. Gewichtsverlust der Kupferprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver

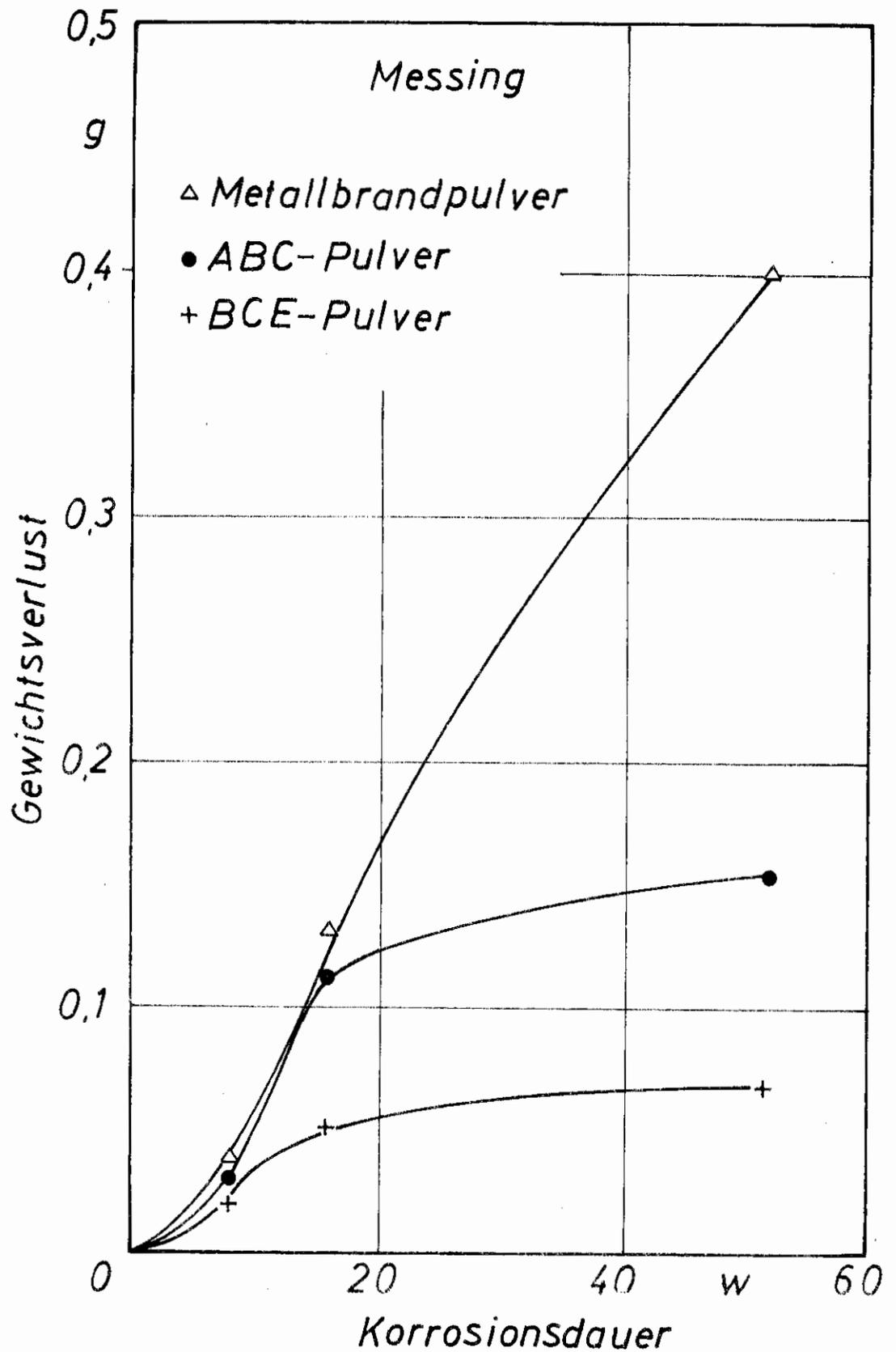


Bild 54. Gewichtsverlust der Messingprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver

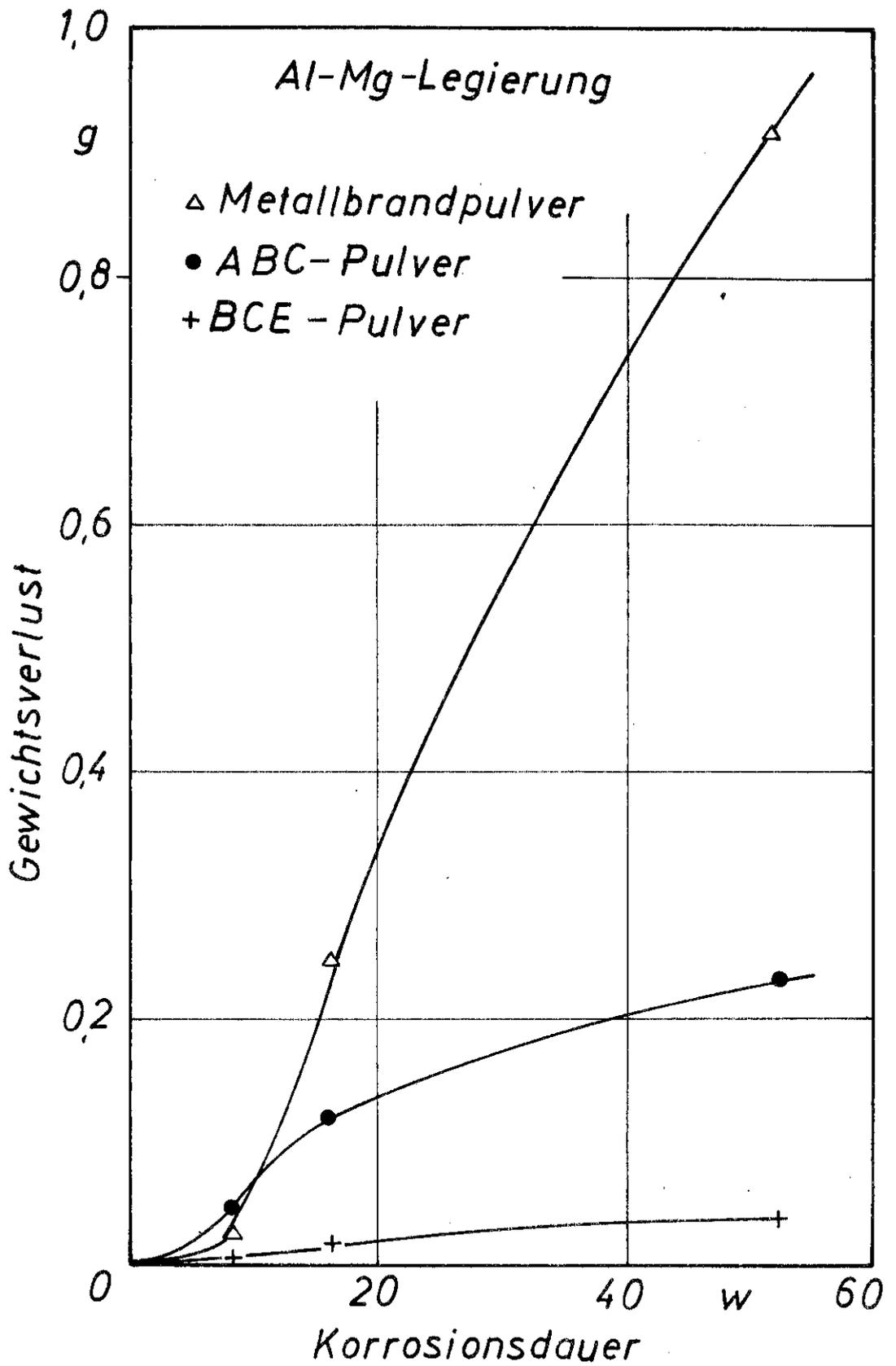


Bild 55. Gewichtsverlust der Probe aus der Al-Mg-Legierung unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver

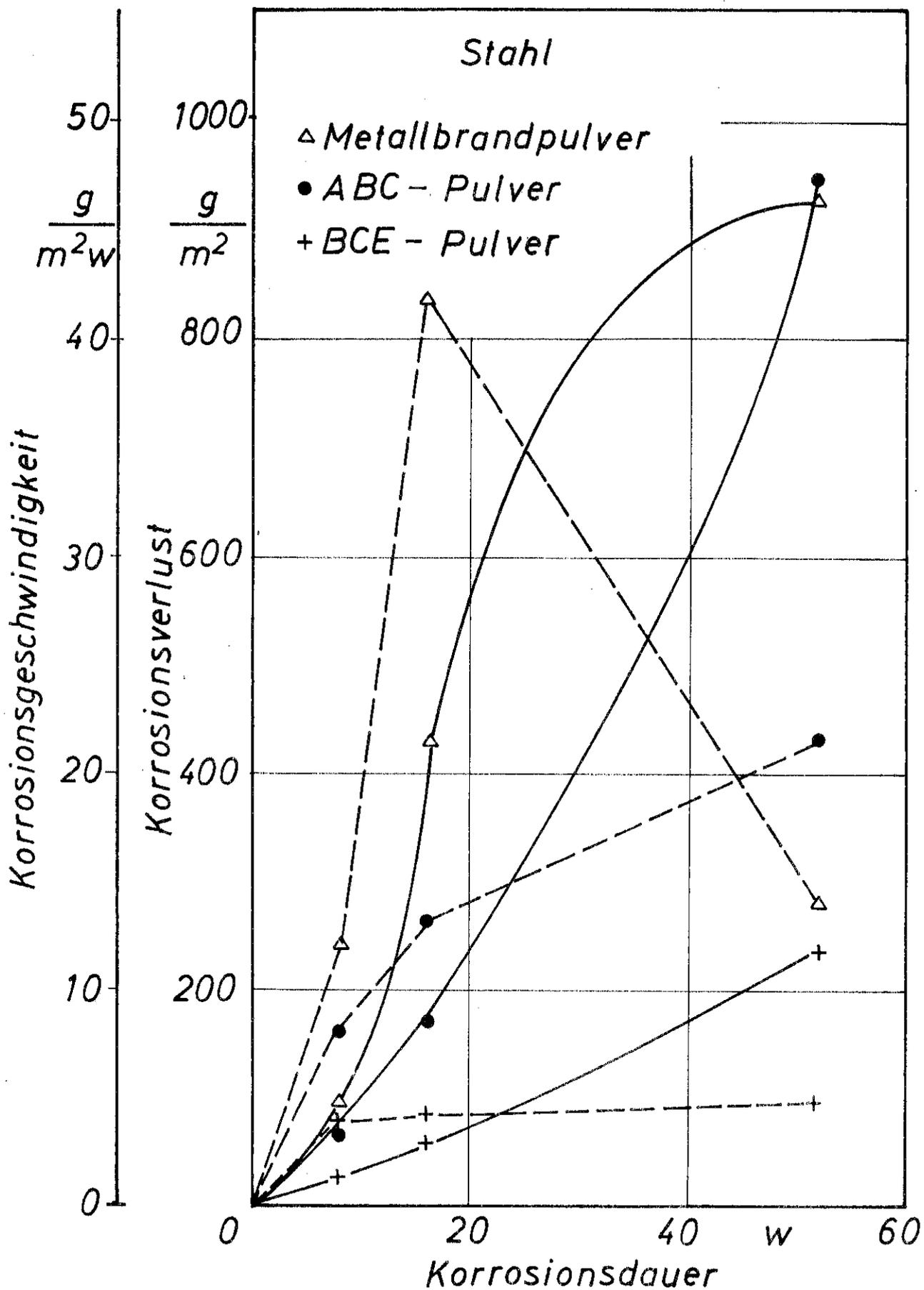


Bild 56. Korrosionsverlust und -geschwindigkeit der Stahlprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver
 — Korrosionsverlust, --- Korrosionsgeschwindigkeit

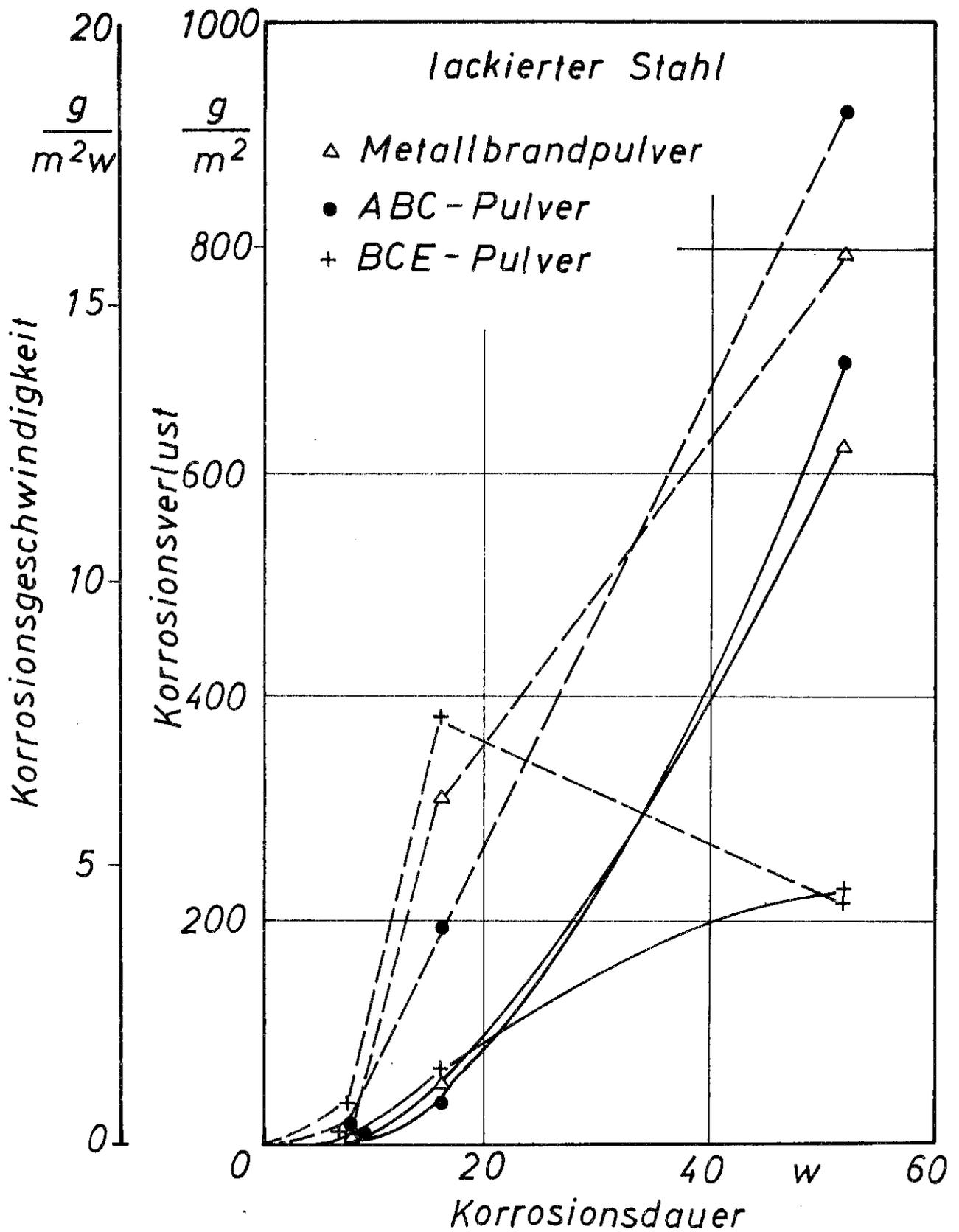


Bild 57. Korrosionsverlust und -geschwindigkeit der lackierten Stahlprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver

— Korrosionsverlust, --- Korrosionsgeschwindigkeit

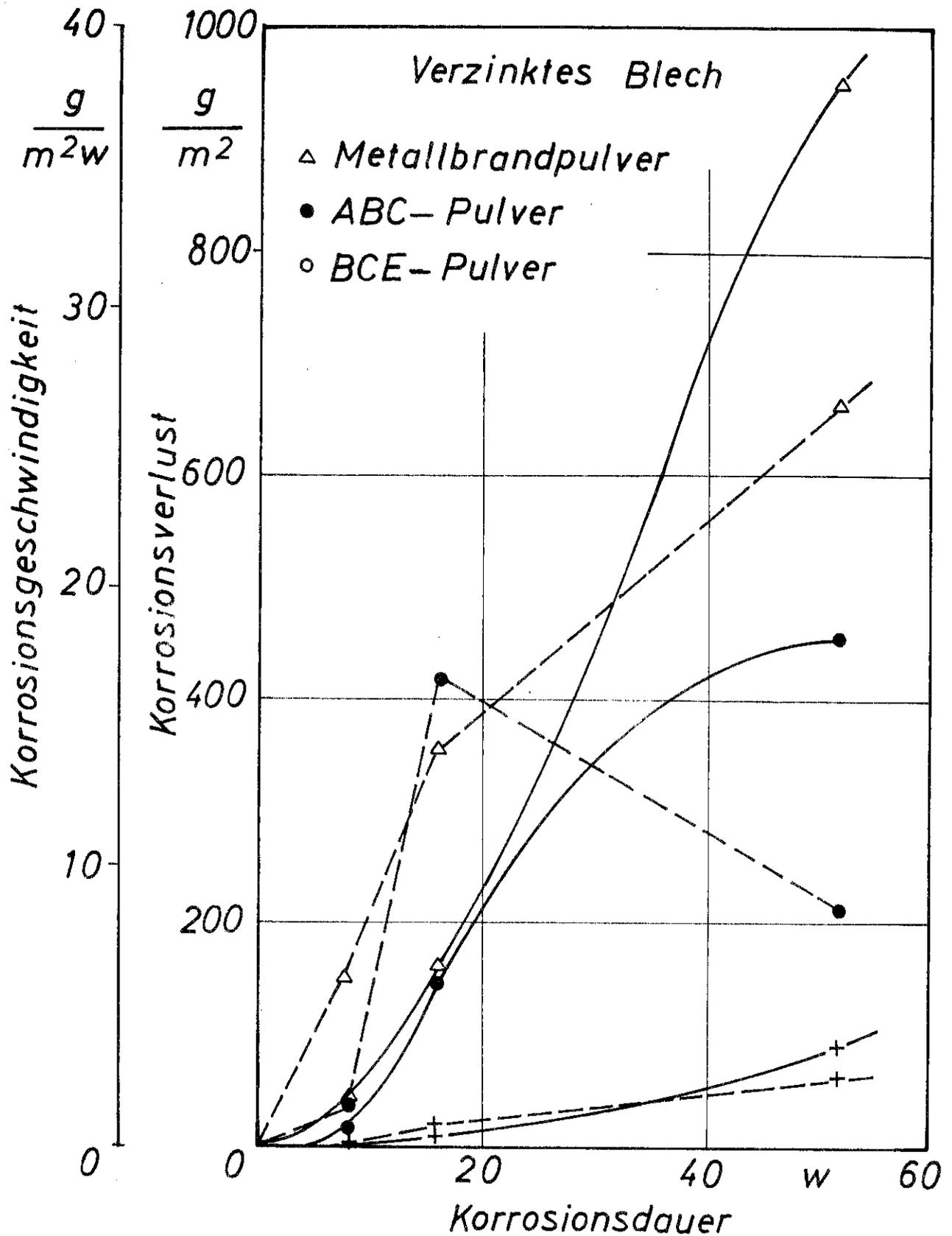


Bild 58. Korrosionsverlust und -geschwindigkeit der verzinkten Blechprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver
— Korrosionsverlust, --- Korrosionsgeschwindigkeit

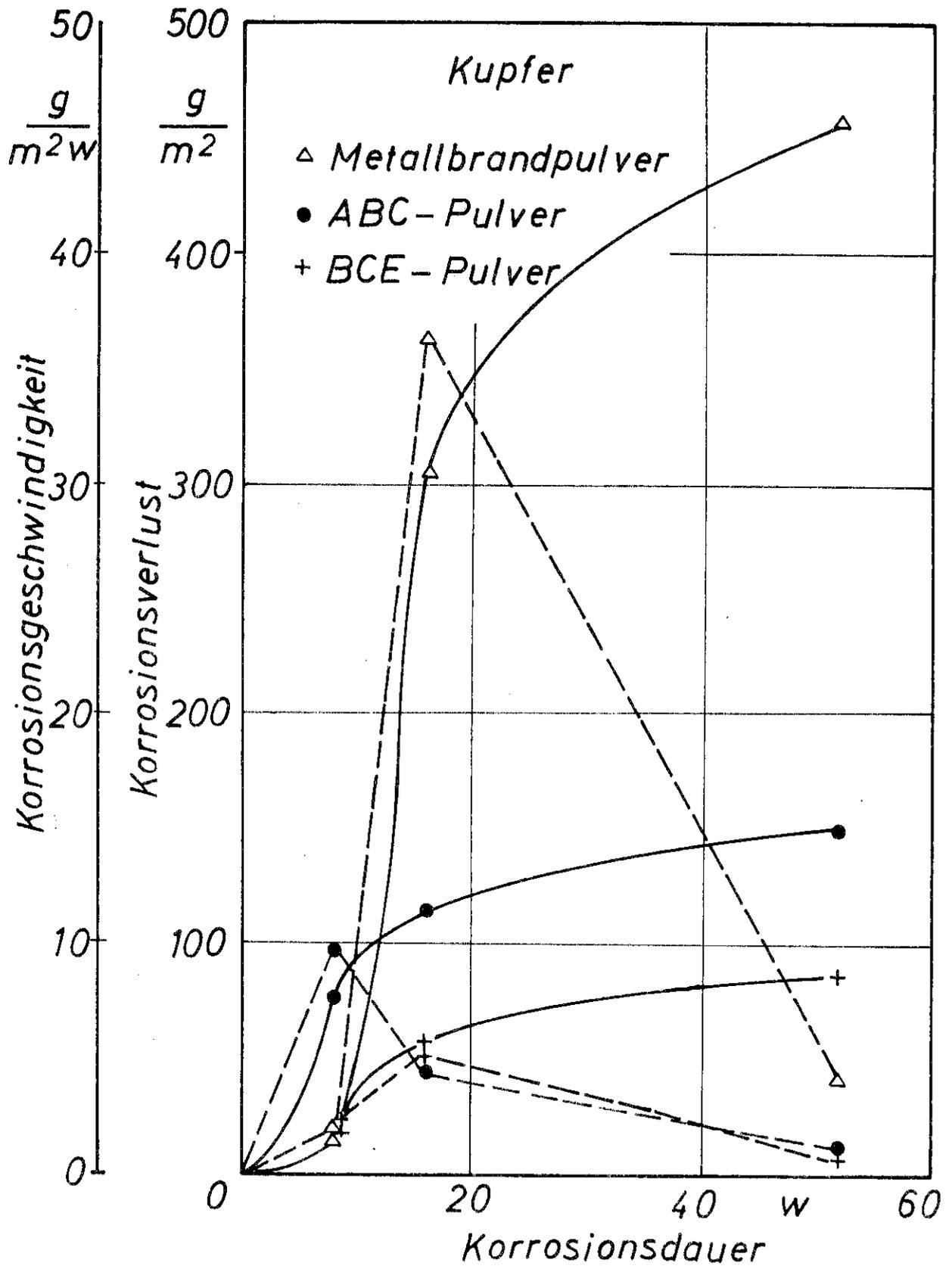


Bild 59. Korrosionsverlust und -geschwindigkeit der Kupferprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver
— Korrosionsverlust, --- Korrosionsgeschwindigkeit

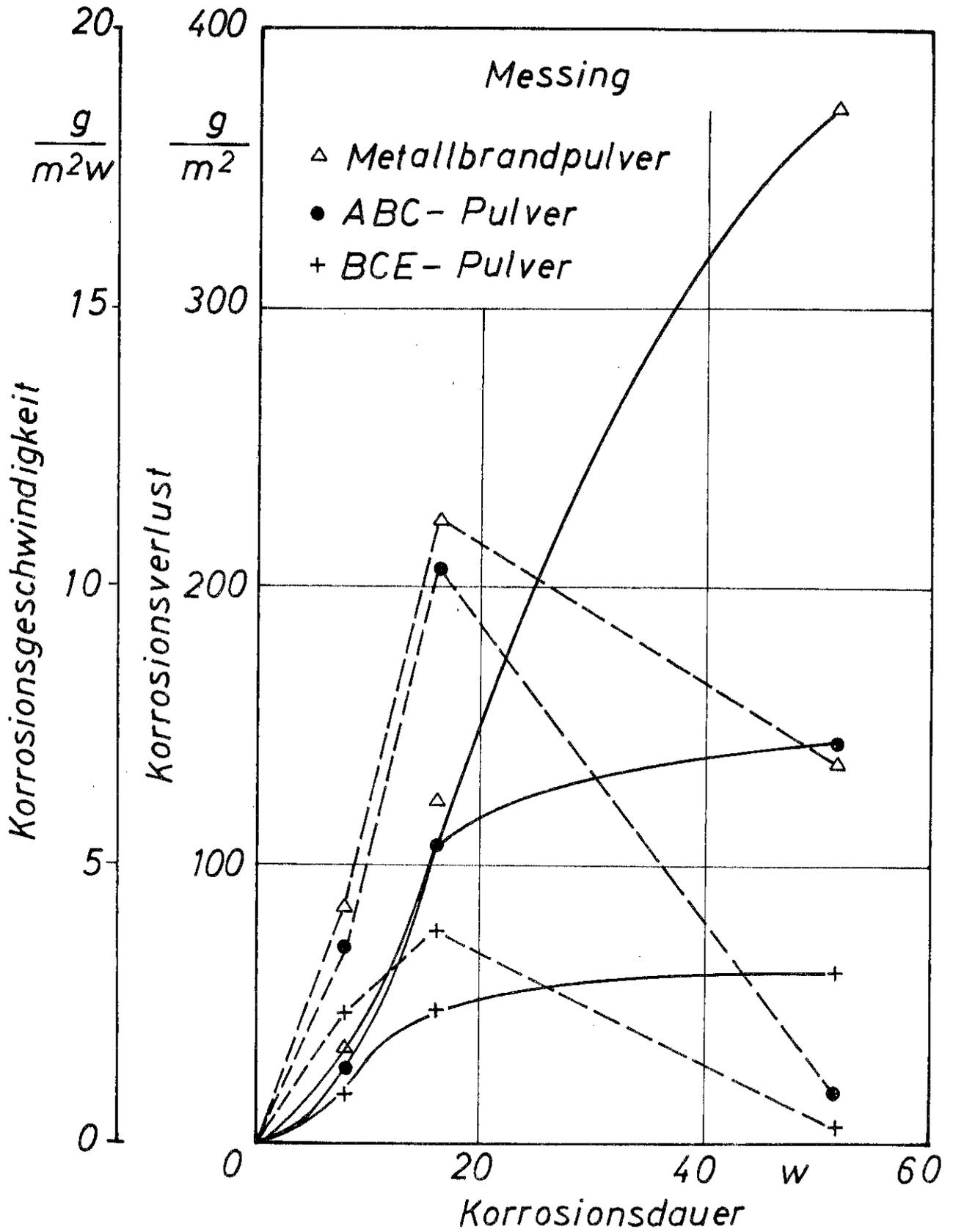


Bild 60. Korrosionsverlust und -geschwindigkeit der Messingprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver
— Korrosionsverlust, --- Korrosionsgeschwindigkeit

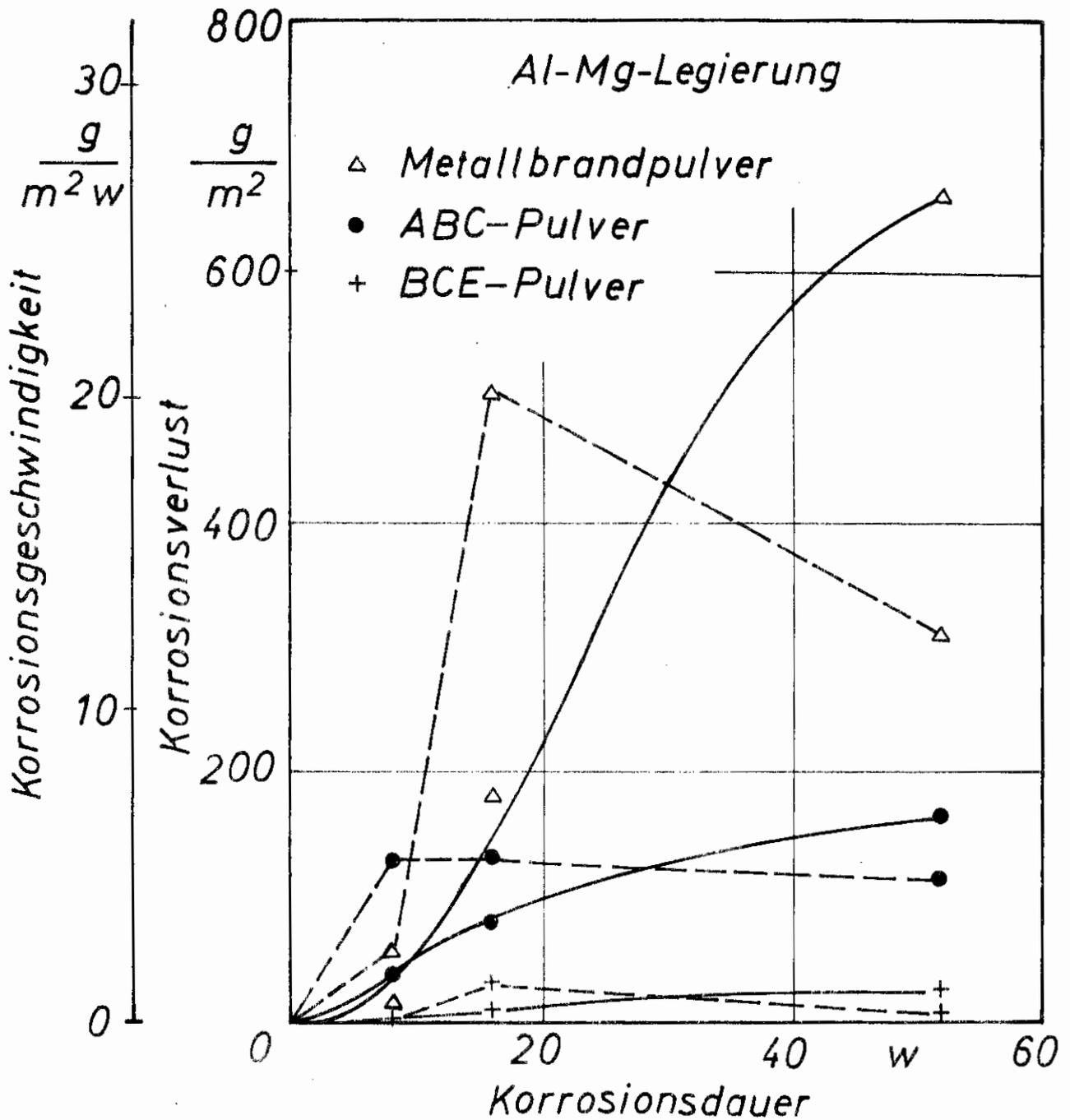


Bild 61. Korrosionsverlust und -geschwindigkeit der Probe aus der Al-Mg-Legierung unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver
— Korrosionsverlust, --- Korrosionsgeschwindigkeit

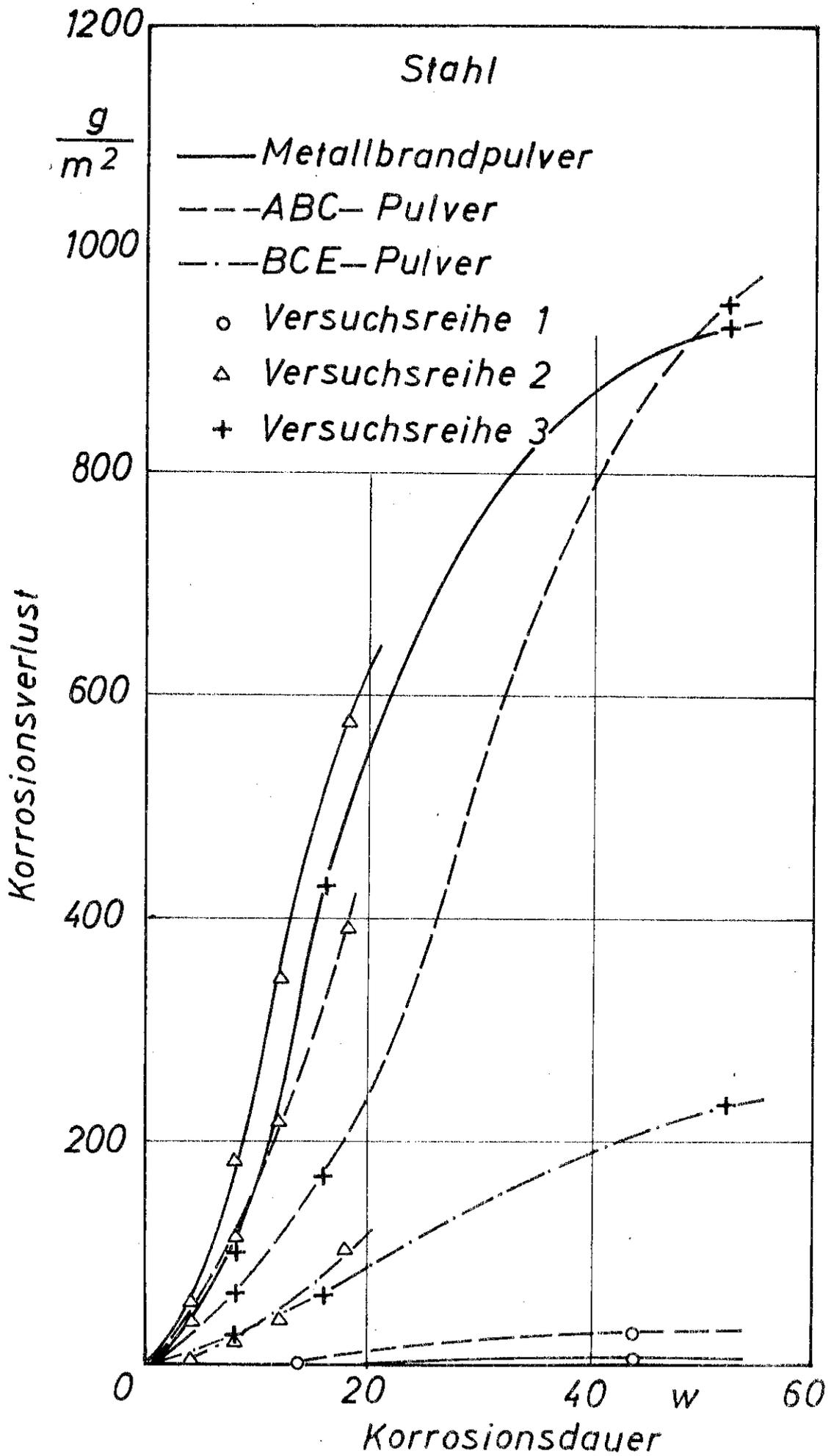


Bild 62. Korrosionsverlust der Stahlprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver bei verschiedenen Versuchsbedingungen

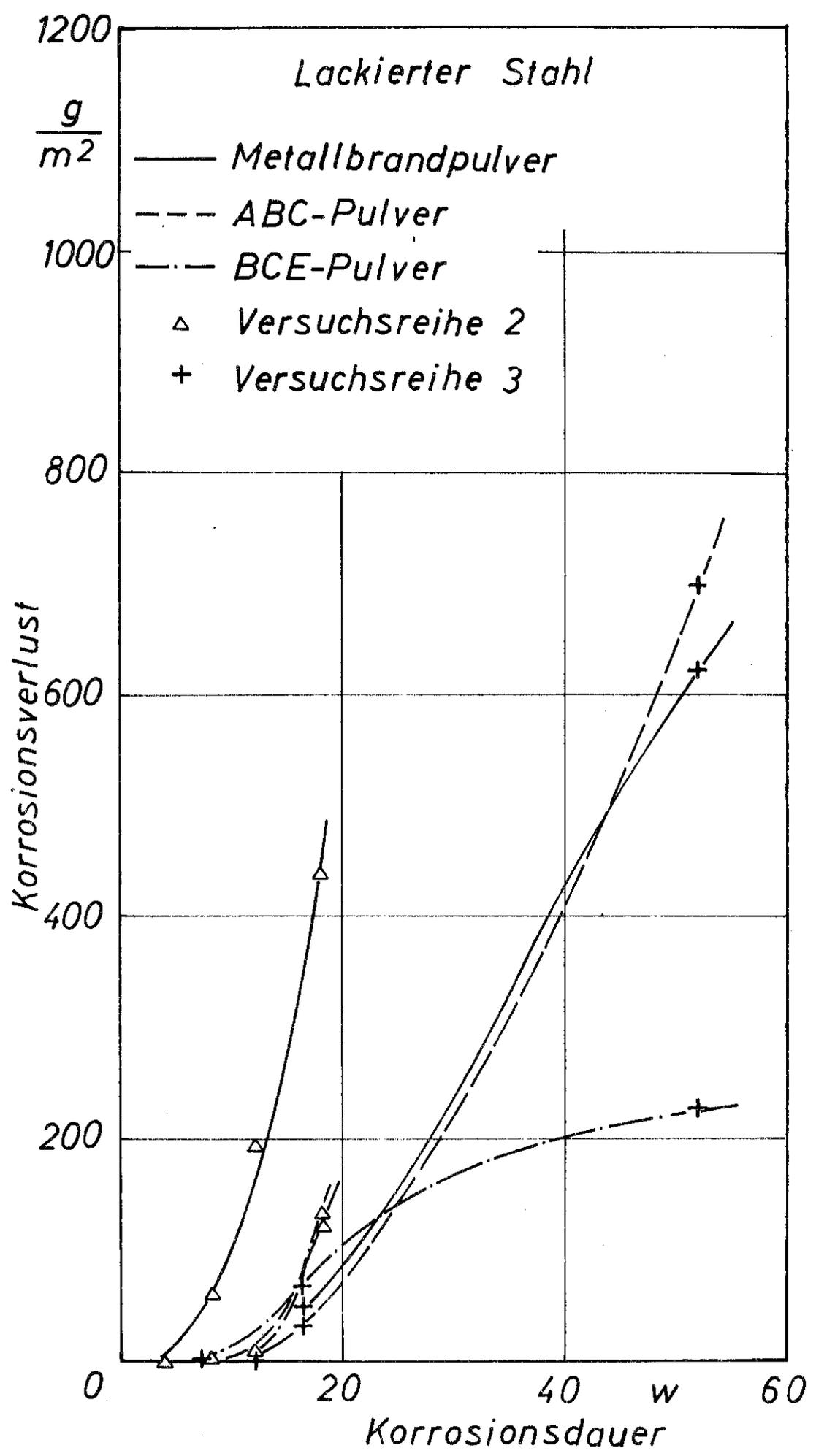


Bild 63. Korrosionsverlust der lackierten Stahlprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver bei verschiedenen Versuchsbedingungen

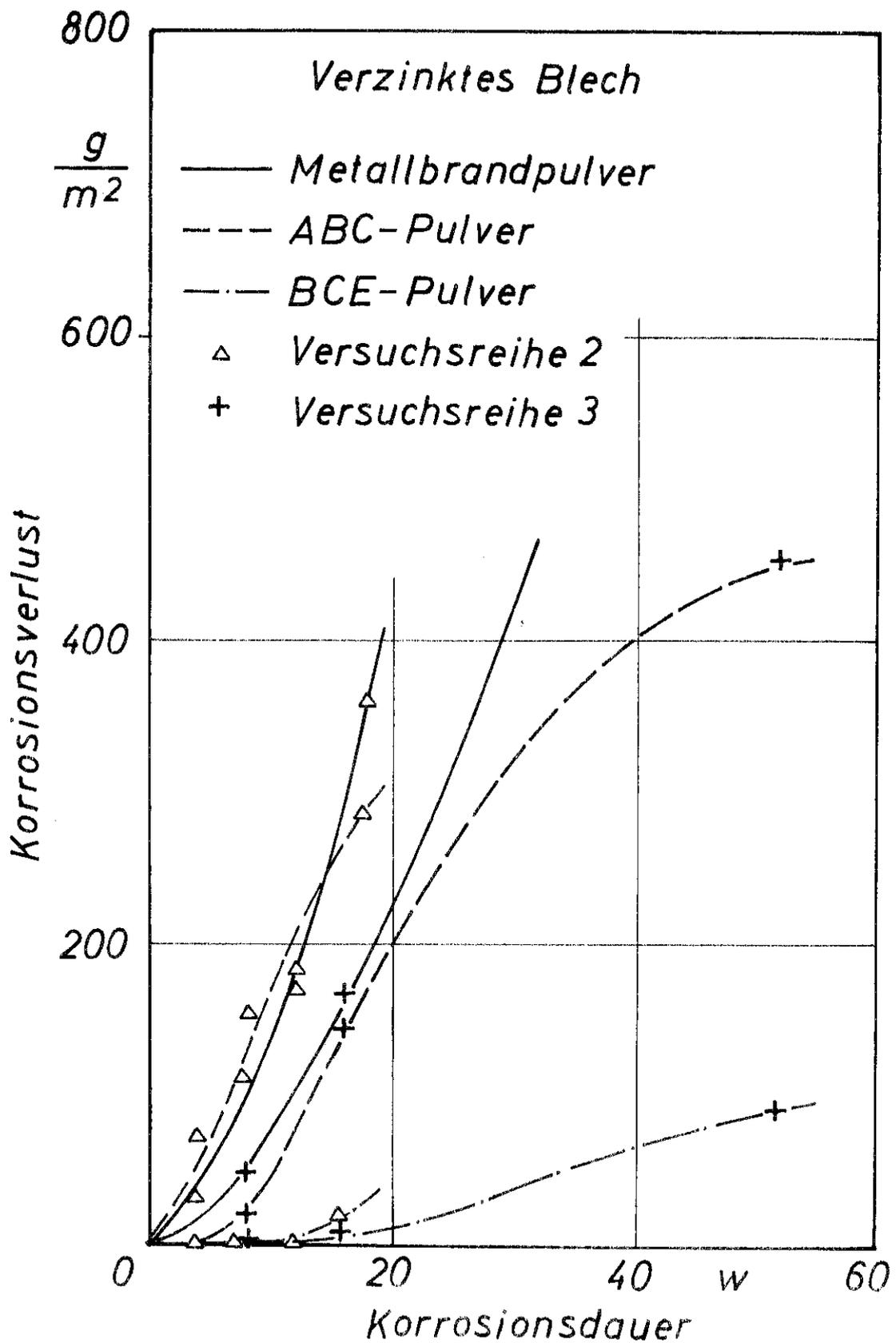


Bild 64. Korrosionsverlust der verzinkten Blechprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver bei verschiedenen Versuchsbedingungen

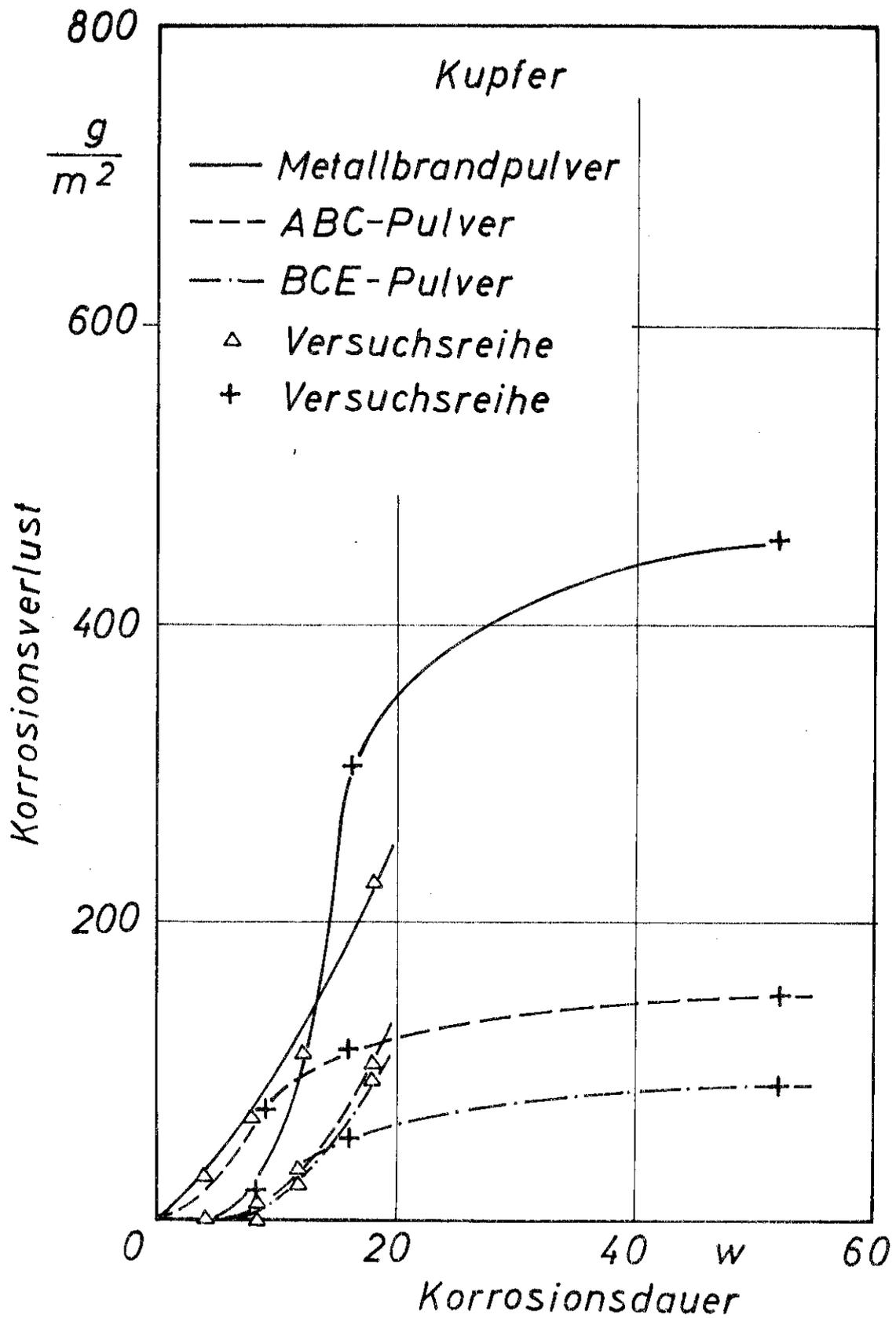


Bild 65. Korrosionsverlust der Kupferprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver bei verschiedenen Versuchsbedingungen

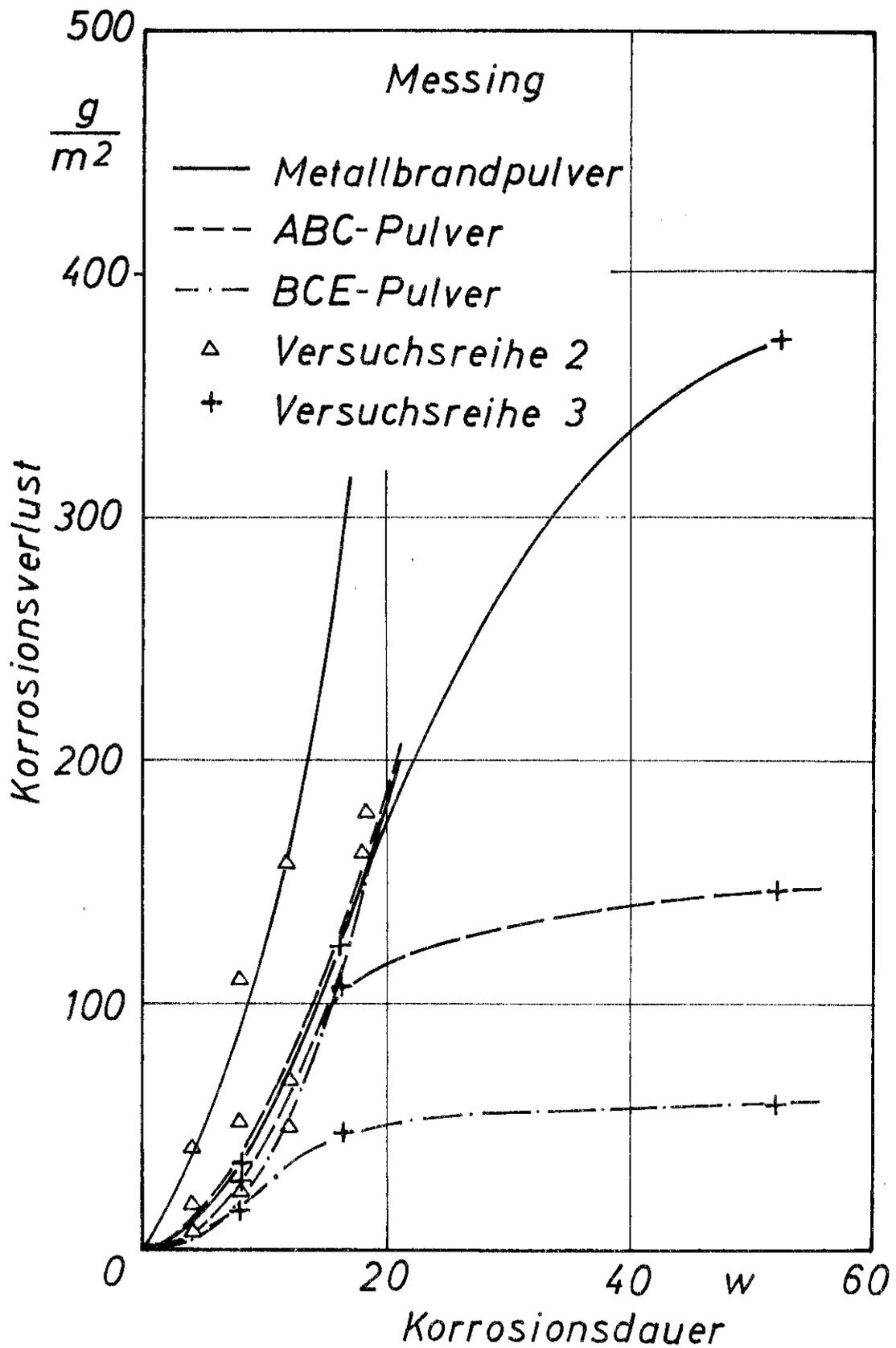


Bild 66. Korrosionsverlust der Messingprobe unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver bei verschiedenen Versuchsbedingungen

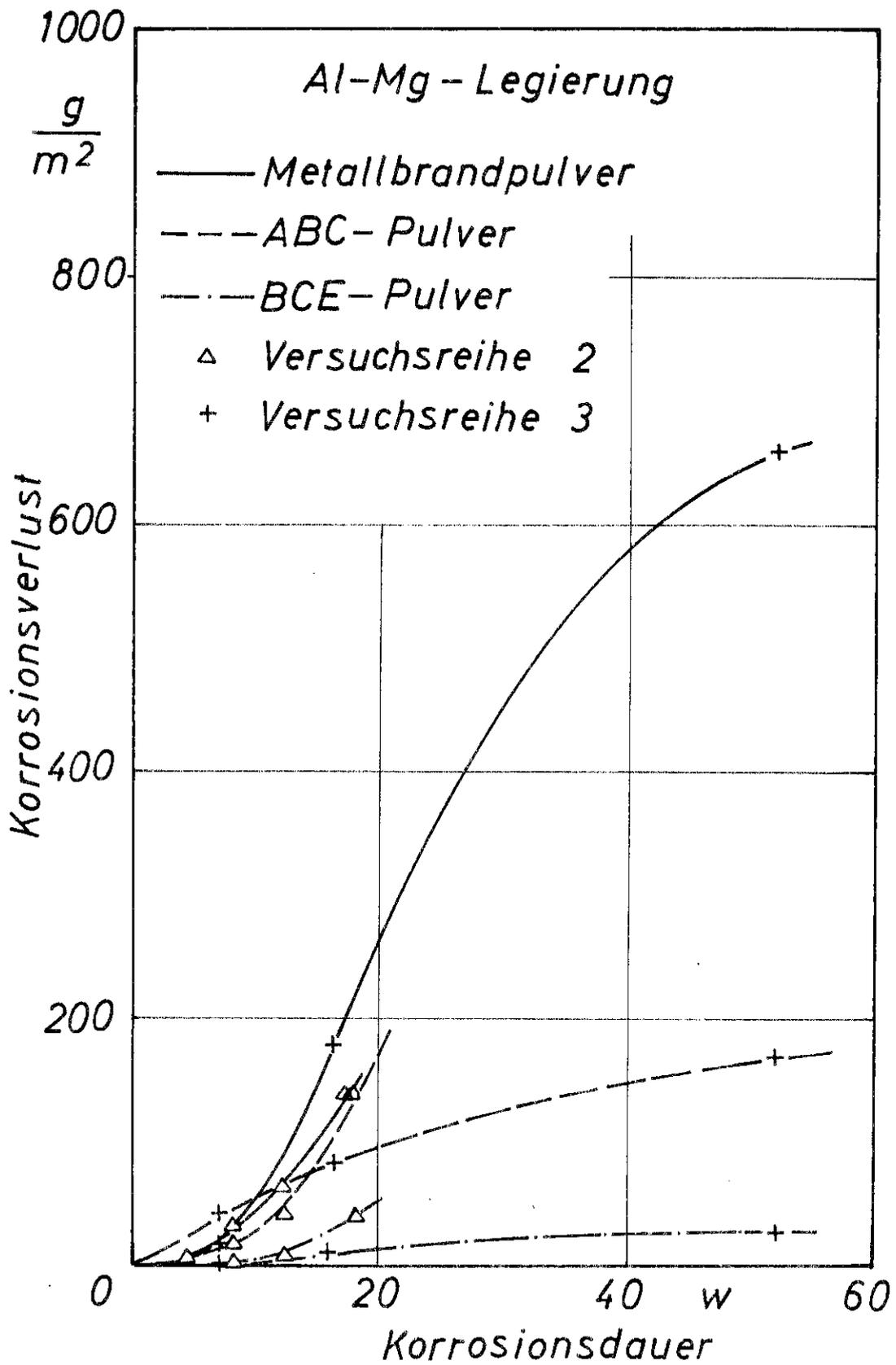


Bild 67. Korrosionsverlust der Probe aus der Al-Mg-Legierung unter der Einwirkung der drei Trockenlöschpulver bei verschiedenen Versuchsbedingungen